

ISAAC ASIMOV

Ce știm și ce nu știm
încă

DESPRE PĂMÂNT
ȘI CER



Grafică copertă Adriana Ioniță
Consilier literar Mirella Dominteanu

Isaac Asimov
Isaac Asimov's
guide to earth and space

© 1991 by Nightfall, Inc.
© 1996 by Editura ELIS

Pregătirea formei și imprimarea la
R A I Coresi

Tiparul executat sub comanda nr. 60 139

Regia Autonomă a Imprimeriilor
Imprimeria „CORESI” București
ROMÂNIA



Toate drepturile asupra acestei versiuni
aparțin editurii ELIS

ISBN 973-9199-17-8

CUPRINS

INTRODUCERE	1
1 CARE ESTE FORMA PĂMÂNTULUI?	2
2 CARE ESTE MĂRIMEA PĂMÂNTULUI?	6
3. DACĂ PĂMÂNTUL ESTE O SFERĂ, DE CE NU CĂDEM?	10
4 PĂMÂNTUL SE MIȘCĂ?	12
5 CÂND SĂRIM ÎN SUS, DE CE NU CĂDEM ÎN ALT LOC?	15
6 DE CE SUFLĂ VÂNTUL?	17
7 DE CE ESTE VARA MAI CALD DECÂT IARNA?	20
8 CUM MĂSURĂM TIMPUL?	23
9 CUM MĂSURĂM INTERVALE DE TIMP MAI SCURTE DE O ZI?	25
10 CE VÂRSTĂ ARE PĂMÂNTUL?	30
11 CUM A FOST DETERMINATĂ PÂNĂ LA URMĂ VÂRSTA PĂMÂNTULUI?	33
12 CE ESTE MASA?	35
13 CARE ESTE MASA PĂMÂNTULUI?	37
14 CE ESTE DENSITATEA?	39
15 PĂMÂNTUL ESTE GOL ÎN INTERIOR?	40
16 CUM ESTE DE FAPT INTERIORUL PĂMÂNTULUI?	42
17 CONTINENTELE SE MIȘCĂ?	45
18 CUM APAR CUTREMURELE ȘI VULCANII?	49
19 CE ESTE CĂLDURA?	52
20 CE ESTE TEMPERATURA?	54
21 CUM MĂSURĂM TEMPERATURA?	57
22 CE ESTE ENERGIA?	59
23 PUTEM RĂMÂNE FĂRĂ ENERGIE?	62
24 CARE ESTE TEMPERATURA INTERNĂ A PĂMÂNTULUI?	64
25 DE CE NU SE RĂCEȘTE PĂMÂNTUL?	65
26 CERUL SE ROTEȘTE TOT DEODATĂ?	67

27	PĂMÂNTUL ESTE CENTRUL UNIVERSULUI?	70
28	ÎNCĂ O DATĂ, ESTE PĂMÂNTUL CENTRUL UNIVERSULUI?	72
29	POATE FI ÎMBUNĂTĂȚIT MODELUL LUI COPERNICUS?	77
30	CUM S-A FORMAT PĂMÂNTUL?	79
31	PĂMÂNTUL ESTE UN MAGNET?	83
32	PĂMÂNTUL ESTE O SFERĂ PERFECTĂ?	85
33	DE CE LUNA ÎȘI SCHIMBĂ FORMA?	89.
34	PĂMÂNTUL STRĂLUCEȘTE?	91
35	DE CE EXISTĂ ECLIPSE DE SOARE ȘI DE LUNĂ?	93
36	LUNA SE ROTEȘTE?	96
37	CÂT DE DEPARTE ESTE LUNA?	97
38	CARE ESTE MASA LUNII?	100
39	CE SUNT MAREELE?	103
40	CUM AFECȚEAZĂ MAREELE PĂMÂNTUL?	105
41	EXISTĂ VIAȚĂ PE LUNĂ?	107
42	CUM S-AU PRODUS CRATERELE DE PE LUNĂ?	110
43	CUM S-A FORMAT LUNA?	111
44	PUTEM AJUNGE LA LUNĂ?	115
45	CE SUNT METEORIȚII?	119
46	METEORIȚII AR PUTEA FI PERICULOȘI PENTRU VIAȚA ȘI BUNURILE OAMENILOR?	122
47	CE SUNT ASTEROIZII?	123
48	ASTEROIZII EXISTĂ DOAR ÎN CENTURA DE ASTEROIZI?	125
49	CE SUNT COMETELE?	128
50	DE CE AU COMETELE ASPECT DIFUZ?	131
51	CE SE ÎNTÂMPLĂ CU COMETELE?	133
52	DE UNDE VIN COMETELE?	134
53	LA CE DISTANȚĂ SE AFLĂ SOARELE?	135
54	PĂMÂNTUL ESTE MARE?	138
55	EXISTĂ PLANETE PE CARE OAMENII DIN VECHIME NU LE CUNOȘTEAU?	140
56	PRIN CE DIFERĂ PLANETELE GIGANTICE?	142

57	EXISTĂ VIAȚĂ PE VENUS?	147
58	EXISTĂ VIAȚĂ PE MARTE?	151
59	EXISTĂ VIAȚĂ PE CELELALTE PLANETE ALE SISTEMULUI SOLAR?	155
60	CUM ARATĂ SOARELE?	159
61	CE ESTE LUMINA SOLARĂ?	162
62	CE SUNT LINIILE SPECTRALE?	163
63	CARE ESTE MASA SOARELUI?	166
64	DIN CE ESTE FĂCUT SOARELE?	167
65	CARE ESTE COMPOZIȚIA PLANETELOR?	168
66	CÂT DE FIERBINTE ESTE SOARELE?	171
67	CE ESTE COROANA SOLARĂ?	173
68	CE SUNT EXPLOZIILE SOLARE?	176
69	DE CE NU SE RĂCEȘTE SOARELE?	177
70	CUM ESTE SOARELE ALIMENTAT CU ENERGIE NUCLEARĂ?	180
71	EXISTĂ STELE PE CARE OAMENII DIN VECHIME NU LE CUNOȘTEAU?	183
72	STELELE FIXE SUNT CU ADEVĂRAT IMOBILE?	185
73	EXISTĂ O SFERĂ A STELELOR?	187
74	CE SUNT STELELE?	188
75	CÂT DE DEPARTE SUNT DE FAPT STELELE?	189
76	CÂT DE REPEDE CĂLĂTOREȘTE LUMINA?	192
77	CE ESTE UN AN-LUMINĂ?	195
78	SOARELE SE MIȘCĂ?	197
79	LEGILE NATURII SUNT ACELEAȘI PRETUTINDENI?	198
80	CE SUNT STELELE VARIABILE?	201
81	CUM DIFERĂ STELELE ÎNTRE ELE?	203
82	CE SE ÎNTÂMPLĂ ATUNCI CÂND SE EPUIZEAZĂ REZERVA DE HIDROGEN A UNEI STELE?	206
83	SOARELE VA DEVENI VREODATĂ O GIGANTĂ ROȘIE?	208
84	DE CE MAI EXISTĂ STELE FOARTE LUMINOASE?	209
85	CE ESTE O PITICĂ ALBĂ?	211
86	CE ESTE O NOVĂ?	215

87	CE ESTE O SUPERNOVĂ?	219
88	SUPERNOVELE SUNT UTILE LA CEVA?	223
89	EXISTĂ VIAȚĂ PE PLANETELE AFLATE ÎN JURUL ALTOR STELE?	225
90	CE SUNT ROIURILE GLOBULARE?	230
91	CE SUNT NEBULOASELE?	231
92	CE ESTE GALAXIA?	232
93	UNDE SE AFLĂ CENTRUL GALAXIEI?	235
94	CE ESTE EFECTUL DOPPLER?	238
95	GALAXIA SE ROTEȘTE?	241
96	ÎN AFARĂ DE LUMINĂ, MAI PRIMIM ȘI ALTCEVA DE LA STELE?	242
97	CE ESTE SPECTRUL ELECTROMAGNETIC?	246
98	CUM S-A DEZVOLTAT RADIO-ASTRONOMIA?	249
99	CE SUNT PULSARIII?	252
100	CE SUNT GĂURILE NEGRE?	256
101	CE CONȚIN NORII DE PRAF INTERSTELAR?	259
102	CE ESTE SETI?	262
103	GALAXIA ESTE ÎNTREGUL UNIVERS?	265
104	GALAXIILE SE MIȘCĂ?	268
105	EXISTĂ UN CENTRU AL UNIVERSULUI?	271
106	CE VÂRSTĂ ARE UNIVERSUL?	272
107	CE SUNT QASARIII?	273
108	PUTEM VEDEA MARELE BANG?	276
109	CUM S-A PRODUS MARELE BANG?	278
110	EXPANSIUNEA UNIVERSULUI VA CONTINUA LA NESFÂRȘIT?	280
111	EXISTĂ ÎN UNIVERS MATERIE PE CARE NU O PUTEM VEDEA?	281

INTRODUCERE

Lumea înconjurătoare este un spațiu amplu, minunat și tulburător, ce conține multe aspecte pe care nimeni nu le pricepe în întregime. Există și fenomene pe care unii dintre noi le înțeleg, iar alții nu.

Unul dintre motivele pentru care cei mai mulți dintre noi nu știu despre lume atât de mult cât s-ar putea ști, este acela că pur și simplu nu se ostenesc să se gândească la aceste lucruri. Asta nu înseamnă că nu gândesc deloc. Toți oamenii gândesc, dar fiecare persoană tinde să se concentreze cu predilecție asupra problemelor ce par să fie de importanță imediată. Ce mâncăm la cină? Cum să-mi plătesc datoriile? Unde să mă duc în concediu? Cum să fac să obțin o promovare și o creștere de salariu? Oare să aranjez o întâlnire cu știu-eu-cine? Ce-o fi cu durerea asta ciudată care m-a săgetat deodată pe sub coaste?

Acestea sunt întrebări importante pentru fiecare dintre noi, iar nevoia de a le găsi răspunsurile este adesea atât de puternică, încât pur și simplu nu ne mai rămâne timp să ne îndreptăm atenția către probleme mai generale cum ar fi: Care este forma Pământului? Un răspuns firesc la această întrebare ar putea fi: Ce-mi pasă? De ce mă sâcăi cu asemenea chestii prostești? Ce importanță are?

Totuși, are importanță. Spre exemplu, nu poți traversa oceanul cu o navă și să ajungi la destinație pe cea mai scurtă cale posibilă, sau nu poți lansa o rachetă și aceasta să ajungă la țintă, fără să cunoști forma Pământului.

În plus, și de departe cu mult mai important, a-ți pune întrebări despre asemenea lucruri este de-a dreptul fascinant, iar găsirea răspunsurilor devine destul de ușoară dacă abordezi problema metodic.

Scopul acestei cărți este de a aduce aceste întrebări generale mai aproape de casă, formulând răspunsurile în termeni pe care îi poate înțelege oricine, făcând problemele complexe ale universului să apară foarte clare.

Desigur, orice întrebare conduce de regulă spre alta. Cunoștințele despre lume nu se înșiruie în linie dreaptă, ci sunt ca o împletitură tridimensională cu ochiurile înlănțuite, așa încât pentru a răspunde unei anumite întrebări este uneori nevoie să fie mai întâi explicat altceva, ceea ce duce la necesitatea explicării unui alt fenomen, și așa mai departe. Totuși, eu voi încerca să descâlcesc țelele cu cât mai multă grijă, astfel ca să nu trebuiască explicate prea multe lucruri deodată. Cu toate astea, s-ar putea să fie uneori nevoie să sar puținel de la una la alta și vă cer iertare pentru asta.

Pe de altă parte, pe măsură ce avansăm de la o întrebare la alta, în unele cazuri nu va fi suficientă doar rațiunea, va trebui să aflăm câte ceva despre ce au observat și dedus oamenii de știință. Voi încerca însă ca, descriind munca lor, să fac acest lucru cu grijă și, de câte ori acest lucru este posibil, fără să apelez la formule matematice complexe sau diagrame. Gândirea duce la și mai multă gândire, iar acest proces nu are limite. Pentru oamenii care găsesc o bucurie în a gândi, aceasta este calea spre gloria științei. Pentru cei care nu sunt încântați să cugete la lucrurile care nu-i privesc direct și imediat, necesitatea de a face acest lucru este oarecum înspăimântătoare, iar ei se îndepărtează de știință. Sper că faceți parte din prima categorie.

Așa că hai să începem cu întrebarea pe care deja am pus-o și să vedem unde ne va conduce.

1. CARE ESTE FORMA PĂMÂNTULUI?

Pentru început trebuie să privim în jurul nostru și să observăm că Pământul este denivelat, iar forma sa nu este ușor de descris. Chiar dacă ignorăm casele și celelalte obiecte produse de om, precum și toate ființele, tot rămâne o suprafață denivelată, formată din stânci goale și țărână.



Prima concluzie la care putem ajunge în acest caz e că Pământul este un obiect ca un bolovan, cu văi și coline, faleze și defilee. În locuri cum ar fi Colorado, Peru sau Nepal, unde se află munți falnici, care ajung la înălțimi de mii de metri¹, neregularitățile formeii Pământului sunt foarte clare. Dar dacă locuiți în anumite zone din Arkansas, Uruguay sau Ucraina, nu vedeți prea multe văi și coline; vedeți câmpii, care arată destul de plate.

Pe de altă parte, chiar dacă întâlniți dealuri sau munți, terenul se înalță pe o parte, dar coboară pe partea opusă. Văile și defileele coboară pe o parte, dar urcă din nou pe cealaltă. Nici o parte a suprafeței Pământului nu se înalță fără a coborî vreodată, când o traversăm; nici o parte nu coboară, fără să mai urce vreodată. În acest caz pare rezonabil să tragem concluzia că, *în medie*, Pământul este plat.

Altfel spus, dacă văsliti într-o barcă, pe un lac destul de mare ca să nu-i puteți vedea malurile în nici o direcție, puteți vedea numai suprafața apei. Aceasta este denivelată, datorită valurilor. Totuși, dacă nu este vânt, valurile nu sunt mari și este lesne de văzut că, în medie, suprafața apei este plană. De fapt, apa este de obicei mult mai apropiată de forma plană decât uscatul.

Deci, presupunerea că Pământul e plat este logică și reprezintă exact ceea ce au crezut damenii timp de mii de ani. Din moment ce un Pământ plat părea ceva firesc și nu trebuia cugetat prea mult pentru a pricepe acest lucru, de ce să-și mai piardă cineva vremea gândindu-se la asta?

Ați stat vreodată în vârful unei culmi, privind jos, în vale? Valea arată destul de plată și puteți privi tot mai departe în zare, peste case, copaci, râuri și alte obiecte îndepărtate deși, cu cât par mai depărtate, cu atât observați mai puține detalii. Mai mult, aerul nu este, de regulă, perfect clar; urme

¹ Unitățile de măsură folosite de autor în această carte fac parte atât din sistemul metric, cât și din cel anglo-saxon. Pentru ușurarea lecturii, în versiunea românească toate măsurile au fost redactate folosind numai sistemul metric. (n.t.)

de abur și fum acoperă zonele foarte depărtate, care devin un fel de ceață albăstruie, în care cerul și pământul par să se contopească

Locul de întâlnire a cerului cu pământul este numit *orizont*, de la cuvântul grecesc care înseamnă *hotar*. Dacă priviți spre o zonă plană a Pământului, orizontul se întinde ca o linie dreaptă, de la stânga la dreapta, iar o astfel de linie este denumită *orizontală*.

Să presupunem, totuși, că priviți în altă direcție, spre o altă colină apropiată. Nu puteți vedea dincolo de culme, pe partea cealaltă, pentru că privirea nu poate urma curba. De aceea, atunci când priviți spre culme, vedeți numai cerul de deasupra ei, nu și panta care coboară pe partea opusă. Există o linie subțire care pare destul de apropiată și delimitează colina pe fondul cerului. Astfel, dacă priviți peste o porțiune de teren și zăriți orizontul îndepărtat și cețos, vă dați seama că zona este destul de plană, în timp ce în cazul în care vedeți orizontul aproape și bine conturat, înseamnă că vă uitați către o culme.

Imaginați-vă că vă aflați în mijlocul oceanului, pe puntea unei nave. Este o zi însorită, senină și strălucitoare, iar marea e calmă. Atmosfera marină este, de regulă, mai puțin prăfoasă și cețoasă decât aerul de deasupra uscatului, așa încât puteți privi departe și vedeți clar linia orizontului. Marea întâlnește cerul de-a lungul unei linii orizontale clare. Este limpede că priviți spre o culme.

Cum este posibil? Pe mare nu există coline, ci numai apă, cu suprafața plană. Singurul răspuns posibil este că oceanul nu este plan, ci curbat, iar de la înălțimea punții navei puteți vedea numai până acolo unde linia privirii întâlnește vârful curbei, nu și dincolo de culme. Dacă urcați pe o punte mai înaltă, puteți vedea mai departe, înainte ca vederea să vă fie limitată de curbă, iar coborând pe o punte mai joasă veți vedea mai puțin. Mai mult decât atât, dacă stați pe loc și priviți în jur, veți vedea același orizont clar, la aceeași distanță în orice direcție, nu numai că suprafața oceanului este



curbată, dar curbura ei este identică în orice direcție — cel puțin atât cât se poate vedea cu ochiul liber

Dar de ce să se curveze oceanul? Înseamnă că urmează curbura Pământului, care la rândul său este și el curbat în toate direcțiile. Acest lucru este mai puțin evident pe uscat, pentru că acesta este mai neregulat decât marea, iar aerul de deasupra lui este de obicei mai cețos

Acceptând că Pământul se curvează, ce fel de curbă formează? Dacă forma este aceeași în orice direcție, trebuie să fie o sferă, pentru că aceasta este singura suprafață cunoscută care se curvează simetric în toate direcțiile. Iată deci că putem înțelege că Pământul este o sferă, doar privind și cugetând



Ați putea întreba de ce oamenii nu au studiat orizontul ca să ajungă cu mii de ani în urmă la această concluzie, dar necazul este că puțini au fost cei care s-au gândit la asta. Era cu mult mai simplu să-și imagineze Pământul plat, formă care nu ridică în vremurile străvechi nici un fel de problemă. Un Pământ sferic, după cum vom vedea mai departe, ridică unele probleme care dau de gândit în continuare

V-ați putea pune întrebarea: Putem oare avea încredere în ceea ce vedem? Este destul să privim spre orizont? De fapt, în acest caz e destul, deși suntem adesea induși în eroare de ochii noștri, dacă nu examinăm cu grijă dovezile

De exemplu, să presupunem că vă aflați pe mare și puteți zări o altă navă ce navighează în depărtare, spre orizont. Priviți spre ea și, pe măsură ce se apropie de orizont, nu mai vedeți punțile inferioare, apoi, după o vreme, nu se mai văd nici punțile superioare. Tot ce se mai zărește este fumul (sau pânzele, dacă este un velier), iar apoi dispar și acestea. Nu este numai o problemă de distanță pentru că, în cazul în care aveți o lunetă și priviți

prin ea, nava pare mult mai mare și mai aproape, dar tot o vedeți dispărând întâi de jos, apoi mai sus, apoi și mai sus. Ceea ce vedeți este nava care trece peste culmea curbei Pământului, coborând apoi pe partea opusă.

Prima persoană despre care știm că a susținut vreodată că Pământul este o sferă a fost filozoful grec Pitagora (cca 580-500 î.e.n.), care a lansat această ipoteză cam prin anul 500 î.e.n.

Există și alte dovezi care arată că Pământul este o sferă. Unele stele sunt vizibile din anumite puncte de pe Pământ, dar nu și din alte puncte, iar pe timpul eclipselor de Lună, umbra Pământului este întotdeauna curbată ca marginea unei sfere. Filozoful grec Aristotel (384-322 î.e.n.) a enumerat dovezile legate de sfericitatea Pământului cam prin anul 340 î.e.n. și de atunci, deși nu au fost acceptate tot timpul, nici un om educat nu s-a mai îndoit de realitatea lor. În epoca actuală a călătoriilor spațiale s-au realizat fotografii ale Pământului din cosmos, în care se poate chiar *vedea* că acesta este o sferă.

2. CARE ESTE MĂRIMEA PĂMÂNTULUI?

Atâta timp cât au crezut că Pământul este plat, oamenii n-au avut nici un motiv să se preocupe de mărimea lui. Din partea lor, se putea întinde la nesfârșit, dar *nesfârșit* este un concept greu de imaginat. Era cu mult mai ușor să creadă că Pământul are o dimensiune finită, care se termina undeva. Chiar și în zilele noastre oamenii vorbesc de călătorii „la capătul Pământului”, deși aceasta a rămas doar o expresie colorată, ce nu este folosită în sensul său literal.

Desigur, ideea unui capăt al Pământului creează unele probleme. Să presupunem că parcurgeți o distanță mare și ajungeți în final la acest capăt. Oare riscați să cădeți de pe Pământ? Dacă oceanul s-ar întinde până la margine, n-ar

putea să curgă până s-ar goli? Oamenii care s-au ostenit să cugete la asemenea lucruri au fost nevoiți să găsească explicații pentru faptul că așa ceva nu se întâmpla. Poate că lumea este mărginită de un lanț solid de munți înalți, așa că arată ca o tigaie, deci nimic nu poate cădea de pe suprafața ei. Sau poate cerul este o bucată de material solid, curbat ca o emisferă turtită (după cum și arată) și coboară spre a se uni cu Pământul de jur împrejur, așa că Pământul este ca un platou cu un capac deasupra — și asta ar ține toate lucrurile la locul lor. Ambele soluții păreau satisfăcătoare.

Ați putea totuși întreba cât de mare era această lume plată. În vremurile străvechi, când oamenii se puteau mișca numai pe jos și nu călătoreau prea mult,



se presupunea că lumea este destul de mică și că nu există decât regiunile înconjurătoare. Acesta este motivul pentru care atunci când, în anul 2800 î.e.n., s-au produs puternice inundații în valea dintre Tigrul și Eufrat, sumerienii care trăiau acolo au crezut că întreaga lume a fost acoperită de ape, iar această credință naivă a ajuns până la noi sub forma mitului biblic al potopului lui Noe.

Totuși, pe măsură ce oamenii au învățat să facă schimburi de mărfuri, au trimis armate să cutreiere lumea și au deprins călăria, orizontul lumii s-a lărgit și, prin anul 500 î.e.n., Imperiul Persan a ajuns să se întindă de la est la vest pe o distanță de 4800 de kilometri. La vestul acestui imperiu erau Grecia, Italia și alte teritorii și nu existau semne că marginea Pământului ar fi aproape.

Atunci când filozofii greci au înțeles că Pământul este o sferă, și-au dat seama că trebuie să aibă o dimensiune finită și nu era de ajuns să afirme că este „foarte mare” sau că se întinde „la nesfârșit”. Mai mult decât atât, mărimea sferei putea fi evaluată și calculată cu destulă precizie, fără a fi nevoie să se îndepărteze de casă.

În timp ce un Pământ plat se putea întinde la infinit, un Pământ sferic se curbează, iar curba trebuie să se închidă. Pentru a determina mărimea Pământului nu trebuie decât să măsurăm cât de strânsă este curbura sa, cu cât curba este mai ascuțită, cu atât sfera este mai mică, iar o curbă largă indică o sferă mare.

Putem afirma cu siguranță că Pământul are o curbură foarte largă, așa că sfera este foarte mare. Ne putem da seama de asta chiar și după faptul că a trebuit atât de mult timp pentru a hotărî că Pământul este sferic. Dacă sfera ar fi fost mică, curbura ar fi fost atât de ascuțită, încât n-ar fi putut trece neobservată. Cu cât curbura este mai largă, cu atât pare mai plată o mică regiune de pe suprafața ei.

Dar cum să măsurăm curbura Pământului?

Iată o metodă. Luați o bandă subțire de metal și întindeți-o pe sol, astfel încât să atingă Pământul cu fiecare punct. Banda va fi astfel silită să urmeze curba Pământului. Puteți apoi să o ridicați și să vedeți cât de mult s-a curbat în jos. Dacă banda de metal este lungă de un kilometru, atunci curbura ei în jos ar trebui să fie de aproximativ 12½ centimetri.

Necazul cu această măsurătoare este că nu-i ușor de găsit pe suprafața Pământului un kilometru de teren perfect plan și de făcut o bandă metalică să urmeze perfect curba, așa că veți obține în final un rezultat departe de a fi precis. Chiar și o deformare mică a benzii de metal ar produce o eroare mare la calculul dimensiunilor Pământului. Cu alte cuvinte, unele experimente care funcționează perfect în teorie nu vor da rezultate în practică, iar acesta este unul dintre ele. Trebuie să ne gândim la altceva.

Hai să presupunem acum că aveți un băț lung și drept, înfipt parțial în pământ, astfel încât să stea perfect vertical. Dacă cerul e senin și ziua însorită, iar Soarele se află chiar deasupra capului, bățul nu proiectează pe sol nici o umbră, pentru că Soarele îl luminează la fel din toate direcțiile. Să presupunem însă că un alt băț este înfipt în pământ la un anumit unghi față de verticală. Acum Soarele îl luminează

și proiectează o umbră. Dacă un șir de pari sunt înfiți în pământ, astfel încât la suprafață rămâne o lungime de doi metri, dar la diferite unghiuri față de suprafață lungimile umbrelor vor fi diferite. Cu cât unghiul de înclinare este mai mare, cu atât umbra este mai lungă.

Astfel, dacă măsurăm lungimile umbrelor și le comparăm cu ale bețelor, putem calcula unghiurile de înclinare, fără a le măsura efectiv. Acea ramură a matematicii care face posibil acest lucru se numește *trigonometrie* și a fost creată cu mult timp în urmă de către matematicienii Greciei antice. Se pare că filozoful grec Thales (aprox. 624-546 î.e.n.) a folosit trigonometria încă din 580 î.e.n. pentru a măsura înălțimea piramidelor egiptene, după lungimile umbrelor pe care le proiectau.

Dar nu este nevoie să înfingeți chiar dumneavoastră bețele în pământ. Să presupunem că aveți un băț perfect vertical într-un loc, iar în alt loc, aflat la sute de kilometri distanță, se găsește un băț similar. Între aceste două locuri Pământul se curbează, așa că cele două bețe formează între ele un unghi, a cărui mărime depinde de curbura suprafeței Pământului.

Cam prin anul 240 î.e.n., filozoful grec Eratostene (aprox. 276-196 î.e.n.) a încercat să facă o astfel de observație. I se spusese că în orașul egiptean Syene, în ziua de 21 iunie la amiază, Soarele era exact deasupra capului, așa că un obiect vertical nu producea umbră. În aceeași zi, în orașul egiptean Alexandria, unde trăia Eratostene, orice obiect vertical proiecta o mică umbră.

Eratostene a măsurat lungimea umbrei, a comparat-o cu înălțimea bățului și pe baza acestor date a fost în măsură să determine înclinarea produsă de curbura Pământului între două bețe verticale, aflate la Syene și Alexandria. Cunoștea distanța dintre cele două orașe, deci aflând curbura dintre ele și-a putut da seama care trebuie să fie distanța pe care curba se închide și completează sfera. A anunțat că Pământul are, rotunjit la numere întregi și folosind unitățile actuale de măsură, 40 000 de kilometri în jurul ecuatorului,

adică pe circumferință, și 12 800 kilometri dintr-o parte în alta, adică pe diametru

Era destul de corect și, lucru remarcabil, această descoperire a fost realizată cu douăzeci și două de secole în urmă, doar cu o măsurătoare simplă și gândind inteligent, fără ca Eratostene să-și părăsească vreodată locuința

Asta nu înseamnă că rezultatul muncii lui Eratostene a fost acceptat de toată lumea. Alții au făcut măsurători similare și au obținut rezultate mai mici, și chiar în vremea lui Cristofor Columb (1451-1506) părerea generală era că circumferința Pământului este doar de 29 000 de kilometri, mai puțin de trei sferturi din valoarea reală. Columb a pornit spre vest în 1492 deoarece credea că Asia se află la numai 16 000 de kilometri și nu știa de existența continentului american, iar dacă n-ar fi reușit să-și încheie acolo călătoria, nu s-ar mai fi auzit vreodată despre el.

Problema nu a fost rezolvată definitiv până în 1522, când o expediție condusă de exploratorul portughez Ferdinand Magellan (aprox. 1480-1521) a reușit pentru prima oară înconjurul lumii. Magellan nu a rezistat până la capăt, deoarece a fost ucis pe drum, în insulele Filipine, dar o navă cu optsprezece oameni la bord a reușit, iar această călătorie a demonstrat că măsurătoarea lui Eratostene fusese foarte corectă.

3. DACĂ PĂMÂNTUL ESTE O SFERĂ, DE CE NU CĂDEM?

Atunci când li se spune copiilor pentru întâia oară că Pământul este o sferă, acest lucru pare să-i uimească. Oamenii de pe partea cealaltă a Pământului (din Australia, de exemplu, dacă locuiți în Statele Unite), merg probabil cu capetele în jos și cu picioarele în sus, așa că de ce nu cad grămadă de pe Pământ? La urma urmelor, dacă ați încerca să mergeți pe tavan, ați cădea

De fapt, situația este și mai gravă. Gândiți-vă că locuiți exact deasupra unui Pământ sferic (ceea ce pare să fie chiar realitatea, din moment ce Pământul se curbează ușor în jos, de jur-împrejur). În acest caz, puteți fi în siguranță numai atâta timp cât rămâneți exact acolo unde vă găsiți. Dacă porniți să vă mișcați, în orice direcție, veți începe să alunecați pe o pantă. Cu cât mergeți mai departe, cu atât panta este mai abruptă, până ce ajungeți să alunecați tot mai repede și mai neajutorați, iar în final veți cădea de pe Pământ. Dacă acest lucru ar fi adevărat, toate oceanele s-ar fi scurs și ele de mult de pe Pământ. Cu alte cuvinte, am ajuns la concluzia aparent rezonabilă că nu se poate trăi pe un Pământ sferic și de aceea Pământul nu poate fi o sferă.

Dar cum Pământul este o sferă, trebuie să fie o greșală în modul nostru de a gândi, iar aceasta provine din ceea ce înțelegem prin *jos*. Dacă stăm vertical și vrem să indicăm direcția *jos*, arătăm spre picioare. Făcând acest lucru, arătăm de asemenea către centrul Pământului, care se află la aproximativ 6 350 de kilometri sub picioarele noastre.

Admițând că *jos* înseamnă întotdeauna direcția spre centrul Pământului, înseamnă că oriunde ne-am afla pe suprafața planetei, stând vertical avem întotdeauna tălpile îndreptate către acest punct. Australianii de care vorbeam mai devreme, când stau în picioare, au și ei tălpile către centrul Pământului, iar pentru ei *jos* pare să se afle, ca și pentru noi, tot în direcția propriilor picioare.

Suntem atrași în jos, ca orice obiect greu, către centrul Pământului, iar acest lucru se întâmplă cu tot ce se găsește pe suprafața planetei, indiferent în ce punct. Din moment ce atunci când călătorim nu simțim curbura Pământului, iar suprafața lui pare mai mult sau mai puțin orizontală și *jos* este întotdeauna către picioarele noastre când stăm vertical, Pământul *pare* plat și nimic nu cade vreodată de pe el, acesta este un alt motiv datorită căruia a durat atât de mult ca să aflăm că este sferic. Prima persoană care a evidențiat faptul că tot ce există pe Pământ este atras către acesta a fost Aristotel, iar forța care produce acest

fenomen este numită *gravitație*, din cuvântul latin care înseamnă *greu*

Să presupunem că avem o cantitate enormă de materie, de o formă oarecare, iar părțile sale componente se atrag între ele, astfel încât materialul se compactează cât mai mult posibil. Atunci când toate părțile se comprimă la maximum și nu se mai pot apropia, forma la care ajung este sfera. Nici-o altă formă solidă nu asigură, în medie, o compactare mai bună a părților decât o sferă, iar acesta este motivul pentru care



Pământul, care atrage totul către centrul său, este sferic

4. PĂMÂNTUL SE MIȘCĂ?

Pentru majoritatea oamenilor din vremurile străvechi, aceasta ar fi părut cea mai prostească întrebare pe care și-ar fi putut-o închipui, cum să existe vreo îndoială asupra acestui subiect? Doar se vede clar că Pământul *nu* se mișcă. Chiar și a pune o astfel de întrebare ar fi părut un semn de ȋicneală.

Atunci de ce și-au pus oamenii întrebarea?

Un motiv este faptul că tot ce se observă pe cer se mișcă. Soarele răsare la est, traversează cerul și apune la vest. La fel și Luna. Stelele par să se învârtă în cercuri, în jurul Stelei Polare. Cele care se află mai departe de Steaua Polară parcurg cercuri destul de largi pentru a intersecta orizontul, așa că răsar și ele la est și apun la vest.

Majoritatea oamenilor n-au fost surprinși de această mișcare. Li se părea firesc ca Pământul să rămână absolut nemișcat, iar obiectele de pe cer să se rotească în jurul lui, făcând un tur în fiecare zi. Lucrurile așa păreau să se



petreacă și pentru ce ar fi pus cineva la îndoială ceea ce-
arătau simțurile? Dar unii oameni și-au pus întrebarea dacă
nu este posibil ca cerul să stea nemișcat, iar Pământul să se
învârtască dedesubt. Celor mai mulți această alternativă nu
li s-a părut rezonabilă. Pur și simplu era prea evident că
enormul Pământ nu se mișcă.

Dar v-ați aflat vreodată într-un tren, privind spre un alt
tren aflat aproape, care tocmai începe să se miște încet
înapoi? Ați fost poate uimit de acest lucru. De ce să se miște
înapoi? Privind în continuare, ați observat că se deplasează
înapoi tot mai repede, iar în final trece și locomotiva de
dumneavoastră, iar peisajul pe care îl vedeți dincolo de ea
se mișcă și el înapoi! Ați înțeles imediat că, de fapt, se
mișcă înainte trenul în care vă aflați, iar celălalt stătea. Atâta
timp cât mișcarea era foarte lină, n-ați putut sesiza
diferența, n-ați putut observa care tren se mișcă și care stă
nemișcat.

Totuși, anticii nu aveau avantajul nostru, nu erau obișnuiți
să călătorească atât de lin încât să nu se simtă mișcarea.
Mersul pe jos, alergatul, deplasarea într-o căruță fără arcuri
pe drumuri denivelate, sau călăria la trap sau în galop, toate
produc asemenea neregularități ale mișcării, încât nici nu se
pune problema dacă te miști sau nu. De aceea, pentru că
Pământul nu dă aceste senzații de mișcare, concluzia era
că pur și simplu nu se mișcă.

Să ne imaginăm acum că revenim în trenul nostru,
privind la cel care se mișcă încet înapoi. Pentru a verifica
dacă se mișcă este suficient să priviți în cealaltă direcție.
Prin fereastra de pe partea cealaltă a trenului puteți vedea
gara sau o stradă din oraș. Dacă se mișcă și ea înapoi, atunci
e clar că trenul dumneavoastră se mișcă, nu celălalt. Totuși,
în cazul Pământului și cerului, nu există ceva neutru la care
să putem privi.

Prima persoană despre care știm că ar fi sugerat faptul
că Pământul se învârtă și nu cerul, a fost filozoful grec
Heracleides (aprox 390-322 î.e.n.), cam prin anul 350 î.e.n.
N-a fost luat în serios. Totuși, în 1609, un om de știință

italian, Galileo Galilei (1564-1642), a studiat Soarele cu un telescop primitiv. Printre descoperirile sale a fost și faptul că pe suprafața Soarelui există pete întunecate. Privind aceste pete, a observat că se mișcă încet de la o zi la alta în jurul Soarelui și a tras concluzia că Soarele se rotește încet, în jurul unei axe imaginare pe care el a numit-o axa solară, executând o rotație completă într-un timp de aproape douăzeci și șapte de zile.

Dacă Soarele se rotește, s-a gândit el, de ce nu s-ar roti și Pământul, o dată la fiecare douăzeci și patru de ore? Pe vremea aceea încă exista o puternică opoziție față de această idee, iar în 1633 Biserica Catolică l-a forțat pe Galileo să-și retracteze în public afirmațiile și să spună că Pământul este imobil.

Dar asta nu l-a ajutat prea mult pe conservatori, pentru că, în anul 1665, astronomul francez de origine italiană Gian Domenico Cassini (1625-1712) a reușit să demonstreze că planeta Marte se rotește cu o perioadă de $24\frac{1}{2}$ ore. În 1668 el a arătat că și planeta Jupiter se rotește la fiecare 10 ore. După aceea, oamenii de știință au început să bănuiască faptul că și Pământul se rotește, iar mișcarea este atât de regulată și lină, încât nimeni n-o poate simți. Mai mult decât atât, ideea că Pământul se rotește nu se baza doar pe faptul că alte lumi se rotesc, existau și alte dovezi. Pe măsură ce astronomii au început să înțeleagă cât de vast este, de fapt, universul (vom ajunge și noi la asta mai târziu), a devenit tot mai lipsit de sens să presupună că Pământul este imobil și tot acel univers nesfârșit se rotește în jurul lui.

Totuși, abia în 1851 s-a demonstrat realitatea acestei rotații, astfel încât oamenii să vadă realmente că ea există.





Un fizician francez, Jean B. L. Foucault (1819-1868), a agățat un pendul lung și greu de tavanul unei biserici. În partea de jos avea un vârf ascuțit, care trasa o urmă ușoară pe nisipul de pe podeaua bisericii. Pendulul a oscilat în același plan ore în șir, dar urma de pe nisip și-a tot schimbat direcția, pe măsură ce Pământul se rotește sub pendul. Pentru prima oară, mulțimea care privea pendulul a putut să vadă efectiv Pământul rotindu-se.

Desigur, în zilele noastre oamenii au ajuns pe Lună, iar de acolo se poate vedea realmente Pământul rotindu-se.

5. CÂND SĂRIM ÎN SUS, DE CE NU CĂDEM ÎN ALT LOC?

În secolul al XVII-lea, când astronomii au început să insiste asupra faptului că Pământul se rotește, oamenii care nu credeau acest lucru au ridicat obiecții. Dacă Pământul s-ar învârti, spuneau ei, atunci când o persoană ar sări drept în sus, Pământul s-ar roti dedesubt și omul ar cădea în alt loc, la o mică distanță față de cel de unde a pornit, dacă am arunca o minge drept în sus, ar cădea la o distanță și mai mare, iar dacă o pasăre ar zbura de la cuibul ei, nu și-ar mai găsi niciodată calea înapoi. Din moment ce nici unul dintre aceste lucruri nu se întâmplă, oamenii susțineau că Pământul nu se poate roti.

Aceste obiecții *păreau* îndreptățite și, dacă tocmai ați aflat că Pământul se rotește, ați putea fi puși în dificultate dacă ar trebui să le contraziceți și de aceea ar fi nevoie să vă gândiți puțin.

Să presupunem că vă aflați într-un tren, pe un loc de lângă culoar, iar un prieten stă chiar pe partea opusă a intervalului dintre scaune. Trenul staționează în gară și, neavând ce face, aruncați o minge de la unul la celălalt — fără a face un efort pentru asta. Să presupunem acum că trenul

nu mai staționează în gară, ci gonește pe șinele drepte și netede, cu 96 kilometri pe oră. Aruncați mingea către prietenul dumneavoastră — oare mișcarea trenului afectează traiectoria mingii în aer, astfel încât nu ajunge la prietenul dumneavoastră și lovește pe cineva aflat cu două scaune mai în spate? Nu, într-adevăr. Mingea va traversa intervalul ca și când trenul ar sta nemișcat. Dacă vă gândiți la asta, experiența pe care o aveți despre lume ar trebui să vă confirme că ceea ce am spus despre minge este adevărat, fără să fie necesar să experimentați efectiv. (Un exercițiu de acest tip, care poate fi imaginat fără a fi executat, se numește „experiment mintal“.)

De ce este la fel de ușor de aruncat mingea într-un tren care se mișcă repede, ca și într-unul care staționează? Pentru că atunci când trenul aleargă pe șine, tot ce se află înăuntru se deplasează cu aceeași viteză — dumneavoastră, prietenul cu care călătoriți, aerul din vagon și mingea cu care vă jucați. Dacă totul se mișcă înainte cu aceeași viteză, atunci nu contează dacă acea viteză este 96 de kilometri pe oră sau zero kilometri pe oră.

Pământul se rotește cu o viteză de aproximativ 1.600 de kilometri pe oră la ecuator, dar dumneavoastră, eu, aerul și orice minge aruncată ne mișcăm toți cu aceeași viteză, așa că puteți juca baseball oriunde pe planetă, fără să vă faceți griji în legătură cu mișcarea Pământului.

Desigur, în trecut oamenii nu aveau ceva în genul unui tren, așa încât Galileo a folosit un alt experiment mintal. Imaginați-vă că vă aflați pe o corabie care navighează rapid pe mare, împinsă de vânt. Urcați în vârful catargului principal și lăsați să vă scape o sulă¹ sau altă unealtă marinărească. Aceasta cade, dar în acest timp nava se mișcă înainte atât de repede, încât până ajunge unealta pe punte, vasul este deja departe, lăsând în urmă scula să cadă în ocean.

¹ *Marlinespike* (în original): unealtă marinărească ascuțită, folosită pentru lucrări la cordajul și velăria navei (n.t.)

alizee¹), care suflau dinspre est și l-au purtat spre țința călătoriei sale. La întoarcere, a navigat către nord, până a găsit vânturile care suflau constant dinspre vest (*vânturile de vest*²) și care l-au purtat către casă. Această descoperire a fost foarte importantă, deoarece până atunci navigatorii Europei de vest considerau vânturile ca fiind forțe stihice, a căror prezență, absență și direcție depindeau în totalitate de voința divinităților. După călătoria lui Columb a devenit clar că vânturile bat conform unor reguli și ele pot fi exploatate în exercitarea meșteșugului de navigator (motiv pentru care sunt numite vânturi *meșteșugărești* sau *comerciale*³). Ceea ce nu se știa era motivul pentru care vânturile suflau într-un mod atât de regulat.

Prima încercare de răspuns a apărut în 1686. Englezul Edmund Halley (1656-1742) a arătat că, în cazul în care atmosfera Pământului ar fi încălzită la aceeași temperatură, aerul ar fi mai mult sau mai puțin imobil pe suprafața planetei și nu ar exista vânturi despre care să se discute. Totuși, Soarele este mai fierbinte la tropice, iar aerul este încălzit acolo la o temperatură mai înaltă decât la latitudinile mai nordice sau sudice. Fiind încălzit, aerul se dilată, devine mai ușor și se ridică, în timp ce aerul mai rece din nord și sud se mișcă pentru a-l înlocui. Pătrunderea acestui aer mai rece formează alizeele.

S-ar putea crede că aerul rece vine direct de la nord către partea de nord a ecuatorului și direct de la sud în cealaltă emisferă, dar nu-i așa. Alizeele de la nord de ecuator vin din direcția nord-est, în timp ce acelea din emisfera sudică vin din sud-est.

¹ *Trade winds* (în original): vânturi permanente care suflă între tropice și ecuator, din nord-est în emisfera nordică și din sud-est în cea sudică (n.t.)

² *Westerlies* (în original): vânturi permanente care suflă de la tropice spre zonele temperate, purtătoare de precipitații pentru zonele litorale din vestul continentelor (n.t.)

³ În limba engleză vânturile alizee se numesc *trade winds*, adică vânturi meșteșugărești, sau comerciale (n.t.)



Halley n-a putut explica acest fenomen, dar în 1735 un avocat britanic, George Hadley (1685-1768), a reușit Aerul rece dinspre nord se mișcă mai încet decât cel de la ecuator și, pe măsură ce coboară spre sud, își menține mișcarea lentă, pierzând din viteză în raport cu mișcarea mai rapidă a Pământului, care se rotește de la vest la est Ca rezultat, vântul pare să sufle dinspre nord-est Același efect al rotației Pământului și al deplasării lente a aerului de la sud de ecuator face ca vânturile să pară că suflă de la sud-est

Pe de altă parte, atunci când aerul de la ecuator este forțat să se deplaseze către nord, se mișcă *mai repede* decât Pământul și îl depășește, ceea ce face ca vântul să pară că suflă din vest, astfel se produc vânturile de vest

Acest model a fost pus la punct și argumentat matematic în 1835 de un fizician francez, Gaspard Gustave de Coriolis (1792-1843) Ca urmare, această schimbare a direcției vânturilor datorată diferitelor viteze de rotație ale suprafeței Pământului este cunoscută sub numele de efectul Coriolis Acest efect poate produce rotirea aerului în cercuri cu diferite intensități, generând furtuni obișnuite, uragane și chiar cicloane



Vânturile au o mare importanță Ele reglează temperatura atmosferică, distribuind căldura astfel încât zonele calde să nu fie chiar atât de fierbinți cum ar putea fi altminteri, iar regiunile reci să nu fie chiar atât de înghețate Tot ele transportă vaporii de apă proveniți din oceanele încălzite de Soare și eliberează apa, sub formă de ploaie, atunci când vaporii se răcesc, astfel încât continentele primesc apa care permite existența vieții pe uscat

Dacă am înțelege în totalitate regulile care guvernează mișcările aerului și vânturile, am putea prezice cu acuratețe vremea, inclusiv perioadele calde sau reci, ploile, furtunile

și așa mai departe Din păcate, în realitate regulile sunt atât de complicate încât, chiar și pentru ziua de azi, prognoza meteo este imperfectă

De fapt, s-ar putea să nu fim niciodată capabili să prevedem starea vremii fără greșală, pentru că nu putem măsura niciodată cu suficientă precizie condițiile inițiale, iar o schimbare infimă în aceste condiții poate produce o diferență enormă în consecințele finale Această situație este numită *haos* și devine tot mai evident că multe fenomene naturale au proprietăți haotice care nu pot fi prezise cu ușurință sau nu pot fi prezise deloc Aceasta reprezintă o deficiență a științei și o limitare a cunoștințelor umane, dar dacă există cu adevărat limite în ceea ce putem face, este înțelept ca măcar să știm care sunt aceste limite

7. DE CE ESTE VARA MAI CALD DECÂT IARNA?

Am arătat în secțiunea anterioară că temperaturile sunt mai înalte la tropice decât în alte zone ale Pământului Acest fenomen se datorează faptului că aici Soarele radiază perpendicular pe sol, așa că pământul primește căldura solară în forma ei cea mai concentrată Mai la nord și sud, radiația solară ajunge înclinată față de suprafață și se răspândește pe o suprafață mai mare, deci este mai puțin concentrată

Cu toate astea, oamenii care trăiesc în zonele aflate la latitudini mai nordice cum ar fi, să zicem, Statele Unite sau Europa, știu că vremea se încălzește și se răcește, fără să fie nevoie să se deplaseze de acasă În iulie și august este mult mai cald decât în ianuarie și februarie (În emisfera sudică, situația este inversată) Cea mai simplă explicație ar fi că vara Soarele este mai aproape de Pământ și de aceea



dogorește mai puternic — dar nu-i adevărat. Căldura furnizată de Soare este cam aceeași, pe întreaga durată a anului.

Ceea ce contează este poziția Soarelui pe cer. Dacă Soarele ar străluci mereu deasupra ecuatorului, atunci în orice punct de pe ecuator, la amiază, s-ar afla exact deasupra capului. În locurile aflate la nord de ecuator Soarele s-ar afla la amiază către sud, în timp ce în zonele sudice s-ar vedea mereu către nord. Cu cât v-ați afla mai la nord pe suprafața Pământului, cu atât Soarele s-ar vedea mai spre sud la amiază, iar în emisfera sudică lucrurile ar sta exact invers.

Totuși, calea urmată de Soare formează un unghi cu ecuatorul. În fiecare an, la 20 martie, Soarele strălucește la amiază exact deasupra ecuatorului, iar la această dată ziua și noaptea durează exact douăsprezece ore, pe tot Pământul. Această zi este cunoscută ca *echinoxul de primăvară*, din cuvintele latine care înseamnă *egal* și *noapte*. După această dată, de la o zi la alta, poziția Soarelui la amiază se mută către nord până când, la 21 iunie, strălucește direct deasupra Tropicului Cancerului¹, care trece chiar la nord de Havana (Cuba). Aici mișcarea către nord se oprește, iar poziția Soarelui la amiază începe să se deplaseze iar către sud. Din acest motiv ziua de 21 iunie este numită *solstițiul de vară* (de la cuvintele latine care înseamnă *Soare* și *nemișcat*).

Apoi Soarele începe să se deplaseze către sud, până când, la 23 septembrie (*echinoxul de toamnă*), ajunge exact deasupra ecuatorului și continuă în această direcție, ajungând la 21 decembrie deasupra Tropicului Capricornului², care trece chiar la sud de Rio de Janeiro (Brazilia). În această zi (*solstițiul de iarnă*), Soarele își încheie deplasarea către sud și începe să avanseze din nou spre nord, atingând ecuatorul la 20 martie și repetând acest ciclu an de an.

¹ Paralelă aflată la circa $21\frac{1}{2}^{\circ}$ latitudine nordică (n.t.)

² Paralelă aflată la circa $21\frac{1}{2}^{\circ}$ latitudine sudică (n.t.)

Oamenii din emisfera nordică văd Soarele înălțându-se la amiază tot mai sus, până la 21 iunie, apoi coborând până la 21 decembrie. Cu cât Soarele se înalță mai mult, cu atât ziua este mai lungă, iar noaptea mai scurtă. Pe 21 iunie, la New York ziua are șaisprezece ore, iar noaptea opt ore. Situația este inversată pe 21 decembrie, când noaptea are șaisprezece ore, iar ziua opt ore. Cu cât mergeți mai către nord, diferența dintre zi și noapte este mai mare, iar în regiunile polare există o perioadă în jurul solstițiului de vară, pe timpul căreia Soarele nu apune timp de aproape șase luni¹, durata exactă depinzând de distanța până la Pol. În mod similar, există o perioadă în jurul solstițiului de iarnă, în care Soarele nu răsare deloc un lung interval de timp.

În emisfera sudică totul se întâmplă invers. Când poziția Soarelui la amiază este în urcare în emisfera nordică, în cea sudică este în coborâre, și viceversa. Solstițiul de vară în nord este solstițiul de iarnă în sud, și așa mai departe.

Firește că Soarele furnizează cu atât mai multă căldură cu cât urcă mai sus pe cer și cu cât stă mai mult deasupra orizontului, astfel încât, pe timpul solstițiului de vară, emisfera nordică acumulează pe timpul zilei mai multă căldură decât pierde noaptea. Temperatura cea mai mare este în iulie și august — chiar dacă Soarele începe iar să coboare — pentru că în aceste două luni căldura primită continuă să o depășească pe cea pierdută. În mod similar, la vremea solstițiului de iarnă, mai multă căldură este pierdută noaptea decât cea primită ziua, iar vremea cea mai rece este în ianuarie și februarie. În emisfera sudică este invers, iulie și august fiind lunile reci, iar ianuarie și februarie cele calde.

¹ În limba engleză se folosesc termeni diferiți pentru a desemna satelitul natural al Pământului (*moon*) și intervalul de timp de o lună (*month*). În prezenta versiune românească s-a făcut diferențierea scriind cu literă mare primul termen. (n.t.)

În epocile primitive, oamenii priveau alarmați coborârea Soarelui, iar pentru cei care nu înțelegeau natura invariabilă a mișcării lui de urcare și coborâre exista teama că de data asta Soarele va continua să tot coboare și până la urmă va dispărea. De aceea sosirea solstițiului de iarnă, când Soarele începea din nou să se miște spre nord, era un moment de ușurare și de sărbători pline de veselie. Chiar și azi mai avem o urmă a acestor celebrări, în perioada Crăciun — Anul Nou.

8. CUM MĂSURĂM TIMPUL?

Dacă ne gândim la anotimpurile anului, ceea ce tocmai am făcut, se ridică în mod firesc întrebarea cum putem să măsurăm timpul?

Există diferite aspecte, psihologice și fiziologice, ale timpului. Astfel, timpul pare să se scurgă mai încet atunci când suntem bolnavi și suferim decât atunci când suntem sănătoși, atunci când suntem triști sau plictisiți decât atunci când suntem fericiți sau ocupați. Totuși, oricât de impalpabil pare timpul să alerge sau să se târască, el merge mereu înainte. Mai mult decât atât, avem cu toții senzația că există un aspect obiectiv al timpului care, oricum ne-ar părea nouă, indiferent de starea noastră fizică sau de spirit, *realmente* înaintează într-un ritm constant și imuabil. Acesta este chiar timpul fizic, pe care suntem interesați să-l măsurăm.

Imaginați-vă că nu aveți nici un dispozitiv care să vă indice ora, dar aveți nevoie să urmăriți scurgerea timpului. Desigur, calea cea mai logică — de fapt, singura cale — de a o măsura ar fi să găsim un fenomen care să se modifice repetitiv și cu regularitate și să numărăm de câte ori se produce. Un astfel de fenomen, care a fost observat încă de mult de umanitate, este alternanța neîncetată a zilelor și nopților. Zilele pot fi numărate cu ușurință, se pot face referiri la ele și nimeni nu are probleme cu înțelegerea sensului

expresiilor ca „azi”, „măine”, „ieri”, „aseară”, „acum trei zile”, „acum cinci zile”.

Cu toate acestea, numărarea zilelor devine neconvenabilă atunci când avem de-a face cu perioade lungi de timp. Este prea lesne de pierdut șirul numărătorii. Un alt fenomen ciclic, nu tot atât de evident, dar totuși binecunoscut în timpurile preistorice, este modificarea formei Lunii (*fazele ei* — cuvânt provenit dintr-unul grecesc, însemnând *aspect*), de la noapte la noapte. Luna se schimbă mereu, de la un corn subțire la lună plină, și iar la semilună. (Vom analiza mai încolo de ce se întâmplă asta.)

Un ciclu complet al Lunii durează $29\frac{1}{2}$ zile, interval care este cunoscut sub numele sugestiv de *luna selenară*¹.

Sucesiunea acestor luni poate fi numărată și folosită ca un calendar, chiar cuvântul *calendar* provenind din cuvântul latin ce înseamnă *proclamație*, datorită faptului că preoții romani obișnuiau să proclame noaptea în care cornul selenar apărea pe cer, ca să marcheze începutul unei noi luni. Acesta este un *calendar lunar*, cuvântul *lunar* provenind și el din denumirea latină a Lunii.

Luna selenară avea în medie $29\frac{1}{2}$ zile, de aceea alternau luni de 29 și de 30 de zile. Douăsprezece dintre aceste luni erau aproape egale cu un ciclu complet al anotimpurilor, de la primăvară; la vară, toamnă, iarnă și iar primăvară.

Ciclu anotimpurilor constituie un an complet. Acest ciclu este ceva mai incert decât cel diurn sau decât fazele Lunii, dar durata lui medie este de $365\frac{1}{4}$ zile.

De fapt, douăsprezece luni selenare nu acoperă exact un ciclu al anotimpurilor, ci însumează doar 354 de zile — mai puțin cu 11 zile decât durata unui an. Asta înseamnă că, din când în când, trebuia adăugată a treisprezecea lună, pentru a ține pasul cu ciclul anotimpurilor. Era un lucru important, deoarece calendarul trebuia să indice oamenilor când era timpul să semene sau să recolteze, când să aștepte ploile

¹Luna mai este denumită și *Selena*, după o zeiță din mitologia romană. (n.t.)

sau sezonul secetos, și așa mai departe Babilonienii au pus la punct un sistem care adăuga o lună în plus în anumite ani dintr-un ciclu de nouăsprezece ani, care le permitea să țină permanent calendarul selenar egal cu ciclul anotimpurilor. Acest calendar continuă să fie folosit pentru scopuri religioase în cultul mozaic.

În Egiptul antic, un eveniment deosebit de important îl constituia revărsarea Nilului, care împrăștia peste ogoare măr proaspăt și fertil, fenomen care se producea la intervale de aproximativ 365 de zile. Acest fenomen era atât de important pentru egipteni, încât n-au făcut

nici o încercare de a urmări fazele Lunii, ci și-au făcut toate lunile anului de 30 de zile. Apoi, la fiecare douăsprezece luni, adăugau cinci zile suplimentare și o luau de la capăt. Acesta era un *calendar solar*, denumire care provine de la cuvântul latin care înseamnă *Soare*.

Calendarul egiptean a fost adoptat de Roma în anul 44 î.e.n. Cele cinci zile suplimentare erau împrăștiate pe durata întregului an și fiecare al patrulea an avea 366 de zile, pentru a ține cont de faptul că anul durează $365\frac{1}{4}$ zile. Acesta este calendarul pe care, cu câteva modificări minore, îl folosim și astăzi.

1995						
Iunie					Iunie	
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

9. CUM MĂSURĂM INTERVALE DE TIMP MAI SCURTE DE O ZI?

Nu există fenomene ciclice naturale care să fie lesne observabile de om și să dureze mai puțin de o zi. Totuși, încă

din vremuri străvechi, oamenii au simțit nevoia să se refere la fracțiuni de zi

Acest lucru poate fi făcut pe timpul zilei privind pur și simplu poziția Soarelui pe cer. Putem astfel vorbi despre zori — când Soarele apare la orizont spre est, dimineată — când încă se înalță pe cer, amiază — când atinge înălțimea maximă, după-amiază — când coboară pe cer, apus — când dispare dincolo de orizontul vestic, crepuscul — când lumina scăzută precede adevărata noapte. Pe timpul nopții este ceva mai greu, dar oamenii care trebuie să lucreze noaptea (în special cei aflați pe nave), pot să-și dea cu aproximație seama de trecerea timpului, după poziția stelelor care își urmează drumul lor circular pe cer.

Desigur, dacă am dori să măsurăm timpul mai precis, am putea nota poziția *exactă* a Soarelui pe cer. Necazul este că observarea Soarelui cu ochiul liber, pentru a-i determina poziția, produce orbire. Așa se face că oamenii au fost nevoiți să născocească o metodă pentru a observa poziția Soarelui fără a-l privi, iar soluția era foarte simplă. La urma urmei, Soarele produce umbre, iar dacă înfigeți un băț în pământ, umbra lui va fi foarte lungă în zori, când Soarele se află la orizont și, desigur va fi îndreptată către vest. Pe măsură ce Soarele traversează cerul, umbra se va scurta, iar la amiază va avea lungimea minimă și va fi îndreptată către nord (în emisfera nordică). Apoi va începe să se lungească și să se îndrepte în direcția est.

Observând deplasarea umbrei, se poate urmări cu precizie poziția Soarelui, fără a pune ochii în pericol. Se pare că asemenea cadrane solare au fost utilizate pentru prima oară în Egipt, cu 3000 de ani înaintea erei noastre. Bățul, numit *gnomon* (dintr-un cuvânt grecesc însemnând *cel care știe* — ora, desigur) era înclinat către nord, astfel încât vârful umbrei să se deplaseze pe un semicerc, pe care puteau fi marcate douăsprezece diviziuni, numite *ore* (din cuvântul grecesc însemnând *momentul din zi*). Vechii sumerieni foloseau la început pe doisprezece ca divizor uzual. Cadranel

solar funcționa bine în Egipt, unde vremea este însoțită aproape tot timpul, iar durata zilei nu variază foarte mult în cursul unui an. Totuși, mai spre nord variația duratei zilei este mai mare, iar zilele sunt adesea înnorate, situație în care cadranul solar nu folosește la nimic.

Desigur, oamenii puteau alege un alt fenomen ciclic, care să nu se bazeze pe lumina Soarelui. De pildă, puteau ține măsura timpului arzând o lumânare de dimensiuni precise și făcută dintr-un anumit material. Lumânarea ardea pe o anumită lungime în, să spunem, o oră. Sau puteau să lase nisip uscat să se scurgă dintr-un vas în altul printr-un orificiu îngust, știind că atunci când nisipul s-a scurs complet au trecut, să zicem, două ore. Asemenea dispozitive puteau funcționa zi și noapte, pe vreme senină sau noroasă și, în plus, erau portabile.

Timpul putea fi măsurat în mod continuu, substituind lumânarea arsă cu alta nouă, sau întorcând invers ceasul cu nisip, atunci când nisipul se scurgea complet din compartimentul de sus. Totuși, toate aceste dispozitive aveau lipsuri. Lumânări diferite ardeau cu viteze diferite și chiar aceeași lumânare putea arde mai lent sau mai rapid, în funcție de unele variabile, cum ar fi curenții de aer. În ceea ce privește ceasurile cu nisip, atunci când partea de deasupra era plină, nisipul se scurgea prin deschidere mai rapid decât atunci când rămânea puțin, așa că se putea măsura cu precizie numai intervalul de timp până la golirea completă, nu și mai puțin.



Poate cel mai bun ceas pe care l-a avut antichitatea a fost *clepsidra* sau ceasul cu apă, în care apa se scurgea printr-un orificiu îngust, dintr-o cameră superioară într-una inferioară. Cele mai vechi ceasuri cu apă au fost datate prin anul 1400 î.e.n., iar prin anul 100 î.e.n. fuseseră îmbunătățite prin

asigurarea unei alimentări continue a camerei superioare, care avea o scurgere. Astfel, camera superioară avea mereu același nivel de apă, iar viteza de curgere nu se modifica în timp. Ulterior, ceasurile cu apă au fost dotate cu mici flotoare, care susțineau indicatoare ce se ridicau odată cu nivelul apei din camera inferioară. În acest mod indicatorul arăta automat numărul fiecărei ore, pe măsură ce timpul trecea.

În orice caz, ceasurile cu apă erau greoaie și, din când în când, apa se vărsa și trebuia strânsă de pe jos. De aceea, în Evul Mediu s-a folosit gravitația. O greutate trăgea în jos un fir, care era bobinat pe un tambur. Sub efectul gravitației, greutatea forța tamburul să se răsucescă, iar un indicator legat de el arăta orele pe un cadran. Toată șmecheria era să aranjezi funcționarea instrumentului astfel ca indicatorul să se rotească cu viteză constantă, făcând un tur de cadran la fiecare douăsprezece ore, sau de două ori pe zi. Cam prin anul 1300 a fost inventat un dispozitiv numit *balansier*. Acesta era o piesă dințată, care se angrena cu tamburul, permițându-i să se miște o distanță limitată. Apoi îl elibera și prindea un alt dinte, lucru care făcea ca tamburul să se miște destul de încet și constant pentru a măsura o zi întreagă.

Chiar și cele mai bune astfel de ceasuri gravitaționale aveau tendința să o ia înainte sau să rămână în urmă cu cel puțin un sfert de oră pe durata unei zile, așa că trebuiau reglate periodic după cadrane solare. Erau destul de bune pentru majoritatea scopurilor, dar nu suficient de precise pentru experimente științifice, care trebuiau să determine intervalul exact de timp în care se producea un fenomen.

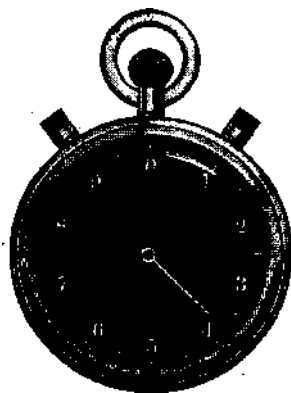
În anul 1581, Galileo (pe atunci în vârstă de numai șaptesprezece ani), asistând la slujbă la catedrala din Pisa, a observat mișcarea unui candelabru care se clătina împins de curenții de aer, descriind traiectorii când mai mari, când mai mici. Privind această clătinare, i s-a părut că, indiferent de mărimea arcului pe care se deplasa, candelabru se clătina în intervale de timp egale între ele. A verificat acest lucru comparându-l cu pulsul (care de fapt nu poate fi folosit ca un

cronometru sigur, pentru că frecvența îi variază în funcție de starea emoțională și activitatea fizică) Reîntors acasă, a experimentat, suspendând diferite greutăți și permițându-le să oscileze pe traiectorii mari și mici Astfel a descoperit principiul *pendulului* (de la cuvântul latin care înseamnă *a atârna* sau *a se clătina*)

Mișcarea pendulului poate fi, în principiu, folosită pentru a face mecanismul unui ceasornic să funcționeze cu mai mare regularitate Pendulul are însă două dezavantaje trebuie menținut permanent în mișcare oscilatorie și ritmul său nu este *perfect* regulat

În 1656, un fizician olandez, Cristiaan Huygens (1629-1695), a pus un pendul să oscileze între două ghidaje curbe, care îl obligau să se miște pe o curbă numită *cicloidă*, perioada de mișcare a acestui pendul *era* constantă Tot el a pus la punct o metodă care folosea greutatea pentru a da pendulului impulsuri suficiente pentru a-l menține permanent în oscilație

Ceasul cu pendul al lui Huygens a fost primul dispozitiv de măsurare a timpului suficient de precis pentru scopuri științifice Putea măsura timpul cu precizia de până la a șizecea parte dintr-o oră — adică de un minut — și a fost pentru prima oară când unui ceas i s-au putut pune două ace indicatoare Minutarul făcea un tur complet în timpul în care indicatorul orar se deplasa cu o singură diviziune



De atunci s-au construit ceasuri care pot măsura timpul cu precizia de a șizecea parte dintr-un minut — o secundă — și li s-a mai adăugat al treilea indicator, secundarul

Astăzi poate fi măsurată cu acuratețe chiar și o infimă fracțiune dintr-o secundă

10. CE VÂRSTĂ ARE PĂMÂNTUL?

Acum, dacă ne-am ocupat de măsurarea timpului, să formulăm o întrebare despre Pământ, legată de timp. Ce vârstă are Pământul?

Știm cu destulă certitudine că Pământul există de cel puțin 5 000 de ani, pentru că avem documente scrise care datează din anul 3 000 î.e.n., când sumerienii au inventat scrisul. Avem obiecte realizate de om, cum ar fi vase din ceramică, statuete, datate chiar cu mai multă vreme în urmă. Până spre sfârșitul secolului al XVIII-lea, tradiția civilizației occidentale considera că Pământul are o vechime de aproximativ 6 000 de ani. Cei care credeau acest lucru se bazau în totalitate pe interpretarea Bibliei, pe care o considerau adevăr divin, dar acest lucru era credință, și nu dovadă științifică.

Firește existau și unii, foarte puțini, care adunau dovezi și care au ajuns la concluzii foarte diferite de cele pe care le oferea Biblia. Acești oameni au observat că fenomenele naturale — ploaia, vântul, ritmul valurilor — modelează lent suprafața Pământului. Ei au ajuns la concluzia că aceste fenomene ar fi putut genera aspectul actual al Pământului, dar numai dacă ar fi avut posibilitatea să acționeze mult timp — mult mai mult de 6 000 de ani. Printre cei care gândeau așa, cam prin 1570, era și un învățat francez, Bernard Palissy (aprox. 1510-1589).

Aceia care acceptau ideea că vârsta Pământului este de 6 000 de ani nu negau efectele produse de fenomenele naturale, dar le atribuiau pe toate legendarului potop al lui Noe. Palissy a refuzat să creadă că s-a putut produce o inundație de asemenea proporții și a sugerat că aspectul suprafeței Pământului se datorează schimbărilor lente, în perioade lungi de timp. A fost ars pe rug în 1589. Erau vremuri grele pentru cei care gândeau

Mai târziu, prin 1681, un cleric englez, Thomas Burnet (aprox. 1635-1715), a scris o carte care susținea realitatea potopului, urmată apoi, în 1692, de alt volum în care pune



sub semnul întrebării povestea cu Adam și Eva Acest lucru i-a ruinat cariera ecleziastică

În 1749, un naturalist francez, Georges Louis de Buffon (1707-1788), a început să scrie o amplă enciclopedie, în care încerca să explice lumea în termeni naturaliști El a apreciat că, pentru a ajunge la starea actuală, Pământul trebuia să aibă o vechime de cel puțin 75 000 de ani Această afirmație i-a adus necazuri și a fost silit, la fel ca Galileo, să se dezică în mod public

Cu toate astea, în cele din urmă nimic nu poate împiedica oamenii să gândească Momentul crucial a fost în 1795, când un geolog scoțian, James Hutton (1726-1797), a scris o carte intitulată *Teoria Pământului*, în care a adunat cu grijă toate dovezile care pledau pentru evoluția graduală, într-o perioadă lungă de timp În cursul următoarei jumătăți de veac, oamenii de știință au ajuns să accepte punctul de vedere al lui Hutton — numit *uniformitarianism* — privind evoluția lentă și constantă Această teorie nu elimină totuși posibilitatea incidentelor catastrofale ocazionale, cum ar fi marile erupții vulcanice

Atunci oamenii de știință au început să studieze schimbările care au loc în prezent și să determine cât de repede se produc acestea Presupunând că aceste fenomene s-au produs mereu în același ritm, se putea astfel estima durata lor de acțiune, care a adus Pământul la actuala sa formă

Primul care a încercat acest lucru a fost Edmund Halley, același care și a dat primul seama de ce bate vântul În 1715 el a studiat salinitatea mării și a pornit de la presupunerea că sarea a fost transportată în mare de către râuri, care au dizolvat cantități mici din terenurile pe care le traversează În plus, el a constatat că Soarele poate evapora apa din mare, dar nu și sarea, așa că ploaia care rezultă este apă dulce, care alimentează râurile și revine în ocean, aducând noi cantități de sare

Dacă vă imaginați că oceanul a avut inițial apă dulce și calculați câtă sare aduc râurile în fiecare an, puteți afla cât

timp a trebuit pentru ca oceanul să ajungă la salinitatea actuală. Acest raționament sună bine, dar mai are și unele incertitudini. În primul rând, este posibil ca oceanul să nu fi fost format inițial din apă dulce, ci să fi conținut sare de la bun început. De asemenea, cantitatea de sare adusă de râuri în fiecare an nu era cunoscută. Pe vremea lui Halley nu se știa aproape nimic despre râurile din afara Europei. Pe de altă parte, cantitatea totală de sare transportată astăzi de râuri poate fi mai mică sau mai mare decât cea cărată în vremurile trecute. Ca să nu mai vorbim de faptul că există fenomene care elimină sare din ocean. Evaporarea obișnuită nu face asta, dar uneori golfuri puțin adânci ale oceanului sunt închise și secate, lăsând în urmă suprafețe mari, care devin terenuri saline.

Halley s-a străduit să țină seama și de asemenea neregularități și, în final, a hotărât că pentru a ajunge la salinitatea actuală a oceanelor, Pământul a avut nevoie de aproximativ un miliard de ani. Era o cifră care părea incredibil de mare, astfel că nimeni n-a luat-o în serios la vremea respectivă. Valoarea era de peste 13 000 de ori mai mare decât cea estimată de Buffon cu aproape trei sferturi de secol mai devreme, dar mentalitățile din Anglia erau deja mai tolerante, iar Halley n-a avut necazuri.

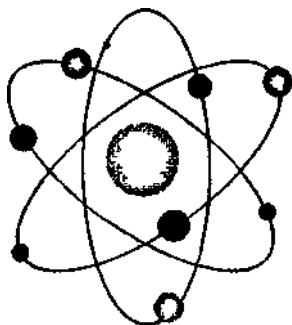
Un alt mod de a determina vârsta Pământului se baza pe ritmul de sedimentare. Râurile, lacurile și oceanele depun la fund mâl și noroi, care se adună și constituie *sedimente* (de la cuvântul latin care înseamnă *liniștire*). Pe măsură ce sedimentele se depun, greutatea straturilor superioare le presează pe cele inferioare, care devin *roci sedimentare*. Se poate estima ritmul în care se produce sedimentarea în prezent și, presupunând că acest proces și-a menținut tot timpul ritmul constant, poate fi calculat timpul necesar pentru a produce straturile de roci sedimentare cu grosimea celor găsite pe Pământ. Rezultatele obținute păreau să indice o vârstă a Pământului de peste o jumătate de miliard de ani.



Aceste estimări erau destul de grosolane, sugestive, dar neconvingătoare. Trebuia găsit un alt fenomen, care să evolueze absolut regulat, să se fi produs pe Pământ de la bun început și să fie lesne măsurabil. Pe vremea lui Halley sau Hutton, nimeni nu și-a putut imagina un astfel de fenomen, iar atunci când a fost în sfârșit descoperit, la un secol după Hutton, acest lucru s-a produs din pură întâmplare.

11. CUM A FOST DETERMINATĂ PÂNĂ LA URMĂ VÂRSTA PĂMÂNTULUI?

În 1896, un fizician francez, Antoine Henri Becquerel (1852-1908), a descoperit accidental (căutând altceva) că o anumită substanță care conținea atomi ai metalului uraniu emitea unele radiații de o factură necunoscută până atunci. Chimista franceză de origine poloneză Marie Sklodovska Cune (1867-1934) a dus mai departe studiul acestui fenomen și, în 1898, a ajuns la concluzia că acel nou tip de radiație era rezultatul *radioactivității*. Uraniul și un alt tip de atom, toriul (care este similar cu uraniul), s-au dovedit amândouă a fi substanțe radioactive, iar chimistul britanic Frederick Soddy (1877-1956) a fost unul dintre cei care au demonstrat în 1914 că atomii de uraniu și de toriu se „sparg”, ca efect al radioactivității, în atomi mai simpli, până când, în final, ajung la capătul a ceea ce se numește *lanțul radioactiv*, transformându-se în atomi de plumb. Acești atomi de plumb nu mai sunt radioactivi, așa încât procesul de descompunere încetează.



Împreună cu Soddy a lucrat și neozeelandezul Ernest Rutherford (1871-1937), care a arătat că fiecare element radioactiv are ceea ce el a numit *timp de înjumătățire*. Cu alte cuvinte, o anumită cantitate din orice element radioactiv își pierde jumătate din atomi prin descompunere într-un interval de timp bine precizat, apoi jumătate din ce a rămas se descompune în același interval de timp — și așa mai departe. Asta înseamnă că se poate prezice cu exactitate ce cantitate de uraniu sau toriu va mai rămâne după un anumit număr de ani.

S-a constatat că atât uraniul, cât și toriul se descompun foarte, foarte încet. Timpul de înjumătățire al uraniului este de 4,5 miliarde de ani, iar al toriului de 14 miliarde de ani. Aceste valori mari ale timpului de înjumătățire arată de ce uraniul și toriul mai sunt încă prezente în scoarța Pământului, chiar dacă Halley și ceilalți au dreptate și Pământul are peste un miliard de ani. S-a putut fixa astfel și o limită de vârstă a Pământului: dacă ar avea un trilion de ani (o mie de miliarde), aproape tot uraniul și toriul ar fi deja descompuse.

În 1907, chiar înainte ca problema descompunerii radioactive să fi fost complet lămurită, un fizician american, Bertram Borden Boltwood (1870-1927), a sugerat faptul că dacă o rocă conține uraniu, acesta se descompune lent și produce plumb, într-un ritm constant. Pornind de la cantitatea de plumb care s-a produs, se poate calcula timpul cât roca s-a aflat în stare solidă.

Nu era chiar așa de simplu, pentru că roca putea să fi conținut plumb de la bun început. Totuși, plumbul are patru varietăți diferite, dar foarte apropiate ca proprietăți, numite *izotopi*, care apar în mod natural în anumite proporții. Unul dintre acești izotopi *nu* este produs prin descompunere radioactivă, iar măsurând proporția lui în compoziția rocii se poate calcula cât plumb a fost la început. Astfel, numai prezența plumbului care depășește această cantitate se ia în calcul la determinarea vârstei rocilor.



Au fost găsite cu ușurință roci vechi de un miliard de ani, iar estimarea originală a lui Halley n-a mai părut ridicolă. De fapt, până în 1931 se descoperiseră roci cu vechime de două miliarde de ani, iar cele mai vechi roci descoperite, provenind din vestul Groenlandei, au 3,8 miliarde de ani.

Dar am aflat doar ce vârstă au cele mai vechi roci pe care le-am găsit. Pământul ar putea fi mult mai vechi, dar este posibil ca activitatea vulcanică de acum 3,8 miliarde de ani să fi topit majoritatea rocilor, astfel încât nici una să nu fi rămas din vremuri mai vechi în formă solidă. De fapt, oamenii de știință au reușit să rezolve această problemă prin metode pe care le voi descrie mai departe în această carte, iar în prezent este general acceptat faptul că Pământul are 4,6 miliarde de ani.

12. CE ESTE MASA?

Pentru a afla mai multe despre Pământ, este util să lămurim ce înțelegem prin cuvântul *masă*, deși înainte de asta va trebui să ne întrebăm ce înțelegem prin *greutate*.

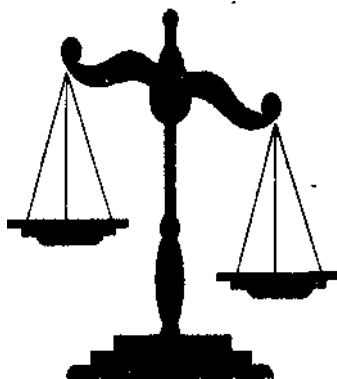
Greutatea este rezultatul atracției Pământului asupra unui anumit obiect. Unele obiecte sunt atrase cu asemenea forță, încât numai cu greu pot fi ridicate, luptând cu puterea gravitației, aceste obiecte sunt grele. Altele pot fi ridicate cu mai puțin efort, fiind considerate de aceea ușoare. Greutatea obiectelor o măsurăm în kilograme.

Totuși, conform legii atracției gravitaționale, formulată de Newton, forța de atracție variază cu distanța. Gravitația Pământului acționează ca și cum ar fi concentrată exact în centrul planetei, iar noi ne găsim pe suprafața acesteia, la 6 350 de kilometri depărtare. La urma urmelor, ne aflăm mereu la aceeași distanță de centrul Pământului, fie că escaladăm piscul celui mai înalt munte, fie că ne scufundăm în cel mai adânc ocean. Diferențele de nivel nu schimbă

mare lucru, așa că de regulă putem considera greutatea ca fiind o forță constantă

Dacă însă ne deplasăm la o înălțime de 6 350 de kilometri deasupra scoarței terestre¹, vom fi de două ori mai departe de centrul Pământului decât ne aflăm acum, iar forța gravitațională va fi redusă de 2×2 , adică de 4 ori. Dacă ne-am putea cântări la această altitudine, am constata că mai avem doar un sfert din greutatea de la suprafața Pământului, iar mergând mai sus am cântări și mai puțin.

Isaac Newton, care a pus la punct, în 1687, legile mișcării, a căutat o mărime similară cu greutatea, care să nu depindă de atracția gravitațională și deci să nu varieze cu distanța față de Pământ. Dacă un obiect este mai greu decât altul, acest lucru se datorează faptului că primul obiect este mai puternic atras de către Pământ, există și un alt mod de a evalua diferența dintre ele?



Newton a afirmat că viteza unui obiect poate fi mărită, micșorată sau modificată ca direcție numai prin aplicarea unei forțe, iar un obiect mai greu necesită o forță mai mare decât unul ușor.

De fapt, aceste afirmații corespund cu experiența practică a oamenilor. Să presupunem că aveți o minge de baschet care se găsește nemișcată pe sol și doriți să o puneți în mișcare. Acest lucru nu-i greu, este de ajuns s-o împingeți cu un deget, iar odată pusă în mișcare o puteți

¹ Pământul mai este numit Terra și Gee, după numele zeităților corespunzătoare din mitologiile romană și respectiv greacă, iar aceste nume stau la baza formării unor cuvinte din limbajul științific actual: terestru, aterizare, geologie, geografie și a (n.t.)

opri sau îi puteţi schimba direcţia tot cu un deget. Presupuneţi acum că aveţi o ghiulea de tun din fier, de aceeaşi mărime cu mingea de baschet, aflată de asemenea nemişcată pe sol. Este mult mai grea decât mingea, dacă încercaţi s-o puneţi în mişcare veţi constata că necesită un efort mult mai mare, iar odată mişcată va trebui mult mai multă forţă pentru a o opri sau a-i schimba direcţia de mişcare.

Rezistenţa pe care un obiect o opune schimbării mişcării sale se numeşte *inerţie*, iar valoarea inerţiei obiectului constituie *masa* acestuia. Masa nu este influenţată de intensitatea câmpului gravitaţional, aşa că oamenii de ştiinţă preferă să folosească mai degrabă termenul de masă, decât pe cel de greutate. Ei spun că un obiect este mai mult sau mai puţin masiv, nu mai greu sau mai uşor.

Masa, ca şi greutatea, este măsurată în kilograme (ceea ce, de fapt, reprezintă o greşeală, însă oamenii de ştiinţă s-au obişnuit aşa¹). Ea poate fi măsurată în două feluri: determinând greutatea, cu luarea în calcul a intensităţii câmpului gravitaţional, sau prin determinarea inerţiei, caz în care gravitaţia nu contează. Cele două metode nu par să aibă nimic în comun, dar ele dau întotdeauna acelaşi rezultat, deci masa gravitaţională şi masa inerţială sunt egale, lucru care continuă să-i uimească pe oamenii de ştiinţă.

13. CARE ESTE MASA PĂMÂNTULUI?

Această întrebare ridică o problemă dificilă. Nu putem măsura masa inerţială a Pământului, pentru că este atât de

¹ În realitate, sistemul metric prevede newtonul ca unitate de măsură a forţei, deci şi a greutateii, iar ca unitate tolerată kilogramul-forţă, în timp ce masa se măsoară în kilograme. (n.t.)

masiv, încât n-avem cum să producem o forță care să-i modifice în mod măsurabil mișcarea. Mai mult decât atât, nu putem să-i măsurăm masa gravitațională, pentru că n-avem cum să-l cântărim. Dar, de fapt, nu-i nevoie să cântărim Pământul. Dacă luăm un obiect oarecare și măsurăm atracția gravitațională la care este supus la o anumită distanță, se poate apoi compara această valoare cu forța gravitațională produsă asupra obiectului de către Pământ, la o distanță mult mai mare. Dacă masa obiectului este cunoscută, se poate calcula masa Pământului.

Din păcate, gravitația este o forță incredibil de slabă și este observabilă doar în cazul unui obiect enorm. Ne-am obișnuit să considerăm gravitația ca fiind puternică, destul de tare pentru a ucide, dar acest lucru se datorează faptului că o asociem cu gigantul Pământ. Un obiect obișnuit, cum ar fi un bulgăre de fier, produce o atracție gravitațională atât de mică, încât nu poate fi măsurată, sau, cel puțin, așa s-ar părea.

Un om de știință britanic, Henry Cavendish (1731-1810), s-a ocupat de această problemă în 1798. El a suspendat o tijă ușoară cu un fir legat la centrul acesteia, iar la fiecare capăt al tijei a fixat câte o mică sferă din plumb. Tijă se putea răsuci liber în jurul firului, astfel încât o forță foarte mică aplicată sferelor putea produce mișcarea sistemului. În acest mod, Cavendish a reușit să măsoare rotația produsă de diferite forțe foarte mici.

Apoi a apropiat două sfere metalice mari de capetele tijei, câte una pe fiecare parte. Forța gravitațională dintre sferele mari și cele mici a răsucit ușor firul, iar după unghiul de răsucire Cavendish a calculat valoarea forței de atracție dintre cele două perechi de bile. Cunoștea distanța dintre centrele lor și masa fiecăreia. Știa, de asemenea, valoarea forței mult mai mari exercitate de Pământ asupra aceluiași sferă, la distanța egală cu cea dintre centrul planetei și suprafața ei. Pe baza diferenței dintre atracțiile gravitaționale a reușit să calculeze masa Pământului.

Concluzia sa a fost că masa Pământului este egală cu 6×10^{24} kilograme (Adică 6 milioane de miliarde de miliarde de kilograme) Chiar și în prezent se presupune că această valoare este aproape de cea corectă, deci, pentru o primă încercare, Cavendish a reușit foarte bine

14. CE ESTE DENSITATEA?

S-ar părea că un obiect mai mare este invariabil mai masiv decât unul mic, dar știm din experiență că nu-i adevărat. Un obiect mare făcut din plută poate fi mai puțin masiv (și deci poate cântări mai puțin) decât un obiect mai mic, făcut din plumb, unele materiale pur și simplu par să comprime mai multă masă decât altele, într-un volum dat. Cantitatea de masă într-un volum dat reprezintă *densitatea* materialului, deci putem spune că unele obiecte sunt mai dense decât altele.

Un cub de apă cu latura de un centimetru (un centimetru cub) cântărește un gram. (Aceasta nu este o coincidență, valorile celor două unități de măsură au fost alese în mod deliberat ca să se potrivească așa.)

Dacă știm masa unui obiect oarecare în grame și volumul său în centimetri, putem împărți masa la volum și obținem o cifră care reprezintă densitatea.

Grecii antici au descoperit cum se poate determina volumul unei sfere în funcție de diametrul ei și, deoarece cunoaștem diametrul Pământului, putem să-i calculăm volumul. Odată ce Cavendish a determinat masa Pământului, i-a putut calcula și densitatea, împărțind masa la volum. A rezultat că densitatea medie a Pământului este de 5,518 grame pe centimetru cub, deci este de 5,518 ori mai dens decât apa.

15. PĂMÂNTUL ESTE GOL ÎN INTERIOR?

Întrebarea ar putea să-i uimească pe aceia dintre dumneavoastră, care nu s-au gândit nici o clipă că Pământul ar putea fi gol în interior, dar au existat de-a lungul timpului mulți oameni care au crezut acest lucru, iar ideea a inspirat multe povești și legende. La urma urmei, chiar există cavități în Pământ, chiar dacă sunt superficiale. Cea mai adâncă peșteră cunoscută, aflată în Pirineii de vest, are doar 1 17 kilometri adâncime, ceea ce reprezintă foarte puțin, comparativ cu cei 6 350 de kilometri distanță până la centrul Pământului. Mai există totuși oameni care au fantezia de a căuta o peșteră care să-i conducă adânc în interiorul gol al Pământului.

Ideea că Pământul ar putea fi gol datează din vremurile primitive. În miturile grecești, titanii, care s-au răsculat împotriva lui Zeus, au fost înălțuiți sub Pământ, iar cutremurele erau considerate a fi produse de zbaterile lor. Zeul Hades al grecilor și Sheol al evreilor erau amândoi amplasați sub Pământ, iar existența vulcanilor părea să confirme faptul că interiorul Pământului este un loc al focului și pucioasei, potrivit pentru torturi.

În zilele de început ale științei, unii gânditori au încercat să demonstreze această idee religioasă despre golul din interiorul Pământului. În 1665, învățatul german Athanasius Kircher (aprox. 1601-1680) a publicat cea mai apreciată carte de geologie a timpului său, în care descria Pământul ca fiind străbătut de caverne și tunele, în care trăiesc dragoni. La începutul secolului al XIX-lea, un ofițer american, John Cleve Symmes (1742-1814) a prezentat o teorie complicată despre golul din interiorul Pământului și a afirmat că există deschideri în regiunile polare, pe unde oamenii ar putea să pătrundă în interior. Această idee a stârnit imaginația oamenilor, așa cum se întâmplă adesea și astăzi cu ideile trăznite, iar după epoca lui Symmes au apărut o puzderie de cărți de science-fiction despre călătorii către centrul Pământului. În

1864, un scriitor francez, Jules Verne (1828-1905) a publicat cea mai bună carte de acest gen, *Călătorie spre centrul Pământului*, în care descria oceane subterane, dinozauri și oameni-maimuțe și sugera că deschiderea către interior este în Islanda. Mai înainte, Edgar Allan Poe (1809-1849) scrisese și el o astfel de povestire, în care deschiderea era amplasată undeva în apropiere de Polul Nord.

Desigur, în 1909, atunci când exploratorul american Robert Edwin Peary (1856-1920) a ajuns la Polul Nord, a devenit clar că în regiunile din nordul extrem nu există nici un fel de deschideri către interiorul Pământului. Cu toate acestea, poveștile au continuat. Cea mai populară povestire despre golul din interiorul Pământului a fost un serial scris de Edgar Rice Burroughs (1875-1950) despre Pellucidar, care era numele dat de el lumii subterane. Primul episod al acestei serii a fost publicat în 1913.

Și totuși, știm încă din anul 1798 că Pământul nu este și nu poate fi gol. De îndată ce Cavendish a reușit să măsoare masa Pământului, s-a calculat că densitatea lui este de $5\frac{1}{2}$ grame pe centimetru cub (valoarea actuală este de 5,518). Densitatea rocilor din scoarța Pământului este, în medie, de 2,8 grame pe centimetru cub. Dacă Pământul ar fi gol, iar interiorul ar fi umplut cu aer, atunci densitatea sa totală ar fi *mai mică* decât 2,8 grame pe centimetru cub. Faptul că densitatea totală a Pământului este de 5,518 grame pe centimetru cub ne demonstrează că interiorul trebuie să fie considerabil *mai dens* decât rocile din scoarță. Deci, Pământul pur și simplu nu poate fi gol. Există multe alte argumente care pledează pentru această concluzie, însă densitatea sa este o dovadă suficientă.

16. CUM ESTE DE FAPT INTERIORUL PĂMÂNTULUI?

Din moment ce știm că scoarța Pământului pare să aibă o densitate de 2,8 grame pe centimetru cub, iar densitatea medie a întregului Pământ este puțin peste 5,5 grame pe centimetru cub, rezultă imediat că, pentru ca valoarea totală să fie aceasta, o parte din interiorul Pământului trebuie să aibă o densitate mai mare de 5,5

Dacă ne gândim puțin mai mult la acest fapt, putem ajunge la concluzia că acest lucru era de așteptat. Dimensiunile unei sfere obișnuite, pe care o putem manevra în laborator, sunt atât de mici încât efectele gravitației asupra densității ei sunt neglijabile. Totuși, în cazul Pământului există o atracție gravitațională enormă, care apasă asupra substanței din care este compus. Dacă presupunem că Pământul este compus în întregime din rocă, atunci straturile interioare trebuie să fie zdrobite sub greutatea celor exterioare. Această greutate tinde să comprime straturile interioare, strângând masa acestora într-un volum mai mic. De aceea straturile mai adânci trebuie să aibă o densitate mai mare decât celelalte straturi, iar aceasta ar putea constitui tocmai rezolvarea problemei.

Dar nu-i așa. Oamenii pot comprima într-o oarecare măsură rocile și pot calcula în ce mod presiunea le mărește densitatea. S-a dovedit că greutatea tuturor straturilor exterioare ale Pământului nu poate comprima straturile interioare până la densitatea necesară pentru a realiza media de 5,5 grame pe centimetru cub.

În aceste condiții, nu putem decât să admitem că interiorul Pământului nu este compus din roci în stare solidă, iar în straturile interioare ale planetei trebuie să existe alte materiale, mai dense decât piatra. Dar care sunt aceste materiale și cum putem afla ceva despre ele? Am arătat deja că cele mai profunde peșteri naturale au adâncime mică. Cel mai adânc puț de petrol forat de om are 9,6

kilometri adâncime, ceea ce constituie doar $\frac{1}{670}$ din distanța până la centrul Pământului

În acest caz, oare suntem complet incapabili să aflăm ceva despre centrul Pământului? Nu Există uneori cutremure care tulbură suprafața Pământului și produc vibrații puternice, care traversează interiorul planetei, sub forma diferitelor tipuri de unde Această mișcare ondulatorie este similară cu cea a suprafeței unui iaz, atunci când aruncăm o piatră, sau cu propagarea sunetului prin aer De fapt, unele dintre undele unui cutremur, numite *unde primare* sau *unde tip P*, au proprietățile oscilațiilor sonore, în timp ce *undele secundare*, numite și *unde tip S*, se aseamănă cu undulațiile de la suprafața apei

Aceste oscilații traversează Pământul și pot ieși din nou la suprafață la distanțe considerabile față de perturbăția inițială Primul instrument simplu pentru studierea acestor tipuri de unde, seismograful, a fost inventat în 1855 de fizicianul italian Luigi Palmieri (1807-1896) Seismografele au fost rapid îmbunătățite în următorii ani, iar în ultimul deceniu al secolului al XIX-lea inginerul britanic John Milne (1850-1913) a instalat o serie de seismografe în diferite părți ale lumii În prezent există peste cinci sute de seismografe foarte sofisticate, împrăștiate pe suprafața planetei

Din datele obținute de la seismografe privind unde și când reapar undele de cutremur la suprafață, oamenii de știință pot trasa drumul urmat de oscilații prin structura internă a Pământului Dacă proprietățile materiei din care este compus Pământul ar fi peste tot aceleași, aceste unde s-ar propaga cu viteză

fixă și în linie dreaptă Totuși, deoarece densitatea Pământului crește cu adâncimea, parțial datorită presiunii și



compresiei, calea urmată de unde se curbează. După formele acestor curbe, oamenii de știință pot afla cât de mult crește densitatea Pământului la diferite adâncimi. La anumite adâncimi, undele își schimbă brusc direcția, ceea ce indică o schimbare bruscă a densității, datorată unei deosebiri de structură chimică, și nu unei modificări treptate datorate compresiei.

Studiul undelor de cutremur a dus la împărțirea structurii Pământului în trei diviziuni principale. Stratul extern, numit *scoarță*, este constituit din rocile obișnuite, pe care le cunoaștem. La aproximativ 32 kilometri (în medie) sub nivelul suprafeței Pământului, există o modificare bruscă, descoperită pentru prima dată în 1909 de către un geofizician croat, Andrija Mohorovicic (1857-1936). Aceasta este numită *discontinuitatea Mohorovicic* sau, mai scurt, *discontinuitatea Moho*. Sub scoarță se găsește *mantaua*, compusă tot din rocă, dar mai densă decât cea din scoarță, parțial datorită comprimării, parțial pentru că este un material cu o densitate naturală mai mare. Însă mantaua nu este destul de densă pentru a explica densitatea generală mare a Pământului.

La o adâncime de 2 900 de kilometri sub suprafață, undele de cutremur fac din nou o schimbare bruscă de direcție, lucru demonstrat pentru prima dată în 1914 de geologul german Beno Gutenberg (1899-1960). Partea interioară a Pământului, *nucleul*, este într-adevăr destul de densă pentru a explica valoarea ridicată a densității medii a planetei. Oamenii de știință au reușit să determine compoziția nucleului, observând că undele P îl traversează, dar nu și undele S. Proprietățile undelor S nu le permit să traverseze lichide, în timp ce undele P pot trece. De aici se poate deduce că o mare parte din nucleul Pământului este lichid (scoarța Pământului, mantaua și nucleul său lichid sunt poziționate la fel ca și coaja, albușul și gălbenușul unui ou — dar asta este doar o coincidență și nimic mai mult).

A mai rămas totuși să vedem din ce este făcut nucleul, pentru că trebuie să fie constituit din substanțe mai dense

și cu temperatură de topire mai joasă decât rocile. Cele mai potrivite ar fi metalele, deci putem bănuî că nucleul este metalic — dar din ce metal? Un răspuns destul de probabil a fost dat de fapt cu mult înainte ca studiul datelor oferite de cutremure să fii evidențiat detaliile intime ale structurii interne a Pământului. Suprafața planetei este lovită ocazional de meteoriți (voi detalia acest aspect mai târziu în carte) și, deși majoritatea sunt constituiți din roci, cam 10 procente sunt metalici. În compoziția lor intră întotdeauna fier, alături de nichel în proporție de nouă la unu.

De aceea, geologul francez Gabriel August Daubrée (1814-1896) a sugerat în 1886 că nucleul Pământului ar putea fi constituit dintr-un amestec de nichel și fier. Această idee a fost acceptată ca rezonabilă și majoritatea oamenilor de știință consideră în prezent că nucleul Pământului este într-adevăr compus din 90 de procente fier și 10 procente nichel, deși mai există discuții privind prezența oxigenului și sulfului, în cantități semnificative.

17. CONTINENTELE SE MIȘCĂ?

Dacă am menționat cutremurele, este logic să ne gândim la cauzele lor, iar pentru a putea face asta ar trebui să ne întrebăm mai întâi dacă se mișcă continentele. Desigur că se mișcă, în sensul că se rotesc în jurul axei Pământului, ca parte a globului terestru, dar se mișcă și unul față de celălalt?

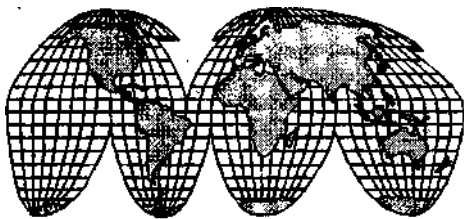
Pare evident că răspunsul este nu. Cum să se miște continentele? Dar ideea că ele se mișcă, măcar parțial, în sensul că se înalță sau coboară exista încă din vremuri străvechi. Deja în anul 540 î.e.n. filozoful grec Xenofan (aprox. 560-480 î.e.n.) arăta că în rocile munților se găsesc uneori scoici de mare și, deci, trebuie să fi existat o vreme când acele înalțimi muntoase erau sub apă. Munții, susținea el, provin din material care s-a aflat la nivelul mării și a fost

împins cumva în sus. Afirmatia sa era destul de corectă, dar la vremea respectivă nu l-a luat nimeni în serios.

Cam prin 1889, un geolog american, Clarence Edward Dutton (1841-1912), a reluat ideea într-o formă mult mai sofisticată. El a afirmat că rocile din care sunt formate continentele sunt mai puțin dense decât cele din care este făcut fundul mării. De aceea, continentele plutesc mai sus decât fundul oceanului și se înalță deasupra suprafeței apei. Regiunile muntoase se sprijină pe suprafețe și mai puțin dense, așa că se înalță deasupra nivelului mediu al uscatului. Dutton a numit acest fenomen *izostazie*. Dar chiar dacă continentele se deplasează în sus și în jos, nu părea să existe nici un indiciu că s-ar mișca *lateral*.

Și totuși, harta lumii este sugestivă. Odată descoperite continentele americane și trasate pe hartă țărmurile lor dinspre Atlantic, a ieșit la iveală un fapt curios, evidențiat pentru prima dată în 1620 de către filozoful britanic Francis Bacon (1561-1626). Dacă privești coasta estică a Americii de Sud, veți vedea că se potrivește remarcabil de bine cu coasta de vest a Africii. Este imposibil să privești harta și să nu-ți pui întrebarea dacă Africa și America de Sud n-au fost cândva o singură bucată de uscat, care s-a despicat în două jumătăți, ce s-au depărtat ulterior.

În 1912, un geolog german, Alfred Lothar Wegener (1880-1930), a abordat mai detaliat problema și a arătat că cele două continente ar putea să se depărteze, plutind pe rocile mai dense aflate la baza oceanelor. De fapt, el a avansat o teorie conform căreia, cândva, toate continentele au fost un singur bloc de uscat, numit de el *Pangeea* (de la cuvântul grecesc însemnând *tot Pământul*), care s-a spart în continente separate. El a numit acest fenomen *deriva continentelor*. Într-un fel



avea dreptate, dar ideea că masele continentale plutesc pur și simplu pe rocile de pe fundul oceanelor nu se adevărește. Aceste roci sunt mult prea rigide, așa că ideea a fost abandonată cam prin anul 1960.

S-a ivit însă o altă idee. Prin anii '50 ai secolului trecut s-au făcut încercări de a instala un cablu pe fundul Oceanului Atlantic pentru a face legătura telegrafică între America de Nord și Europa. Un oceanograf american, Matthew Fontaine Maury (1806-1873), a făcut o serie de sondaje ale Oceanului Atlantic, încercând să determine care era traseul optim pentru cablu. Pe timpul acestei acțiuni a descoperit, în 1854, că adâncimea Oceanului Atlantic era mai mică la mijloc decât pe părțile laterale. A tras concluzia că în mijlocul oceanului este un platou, pe care l-a numit *Platoul Telegraph*.

Sondarea fundului oceanului era foarte dificilă. Trebuia coborât un cablu lestat, lung de mai mulți kilometri, observat când atinge fundul, rulat înapoi și măsurată lungimea care fusese desfășurată. Era o metodă greoaie și nesigură, iar în cursul unei singure călătorii nu puteau fi măsurate decât câteva puncte, așa că munca lui Maury n-a fost decât un început în acest domeniu.

În 1872, o expediție britanică sub conducerea lui Charles Wyville Thomson (1830-1882), a petrecut patru ani pe mare, călătorind cam 125 000 de kilometri și a făcut 372 de sondaje de adâncime, folosind un cablu de 6,4 kilometri. Deși amploarea expediției n-a mai fost egalată timp de jumătate de secol, rezultatul ei a fost doar o palidă imagine a fundului oceanului. Mai târziu însă, pe timpul primului război mondial, a fost pusă la punct tehnica *hidrolocației*. Aceasta folosea unde ultrasonore, cu frecvențe mai înalte decât pragul audibil, care pătrundeau până la fundul oceanului și se reflectau, revenind în câteva minute. În funcție de timpul scurs între emisia undelor și recepția lor, se putea estima adâncimea oceanului. Această tehnică de explorare a fost aplicată pentru prima oară în 1922 de o navă germană, iar în curând s-a putut cunoaște în detaliu relieful fundului oceanului.

Cel mai mare explorator al acestui relief a fost un geolog american, William Maurice Ewing (1906-1974), care a executat nenumărate măsurători și a demonstrat, pe la începutul anilor cincizeci, că Platoul Telegraph nu este de fapt un platou, ci un lanț muntos lung și neregulat, care se curbează în mijlocul Oceanului Atlantic și ale cărui piscuri ies dincolo de suprafața apei, formând insule. În 1956, Ewing a arătat că acest lanț muntos se continuă în Oceanul Indian înconjurând Africa și în Oceanul Pacific, în jurul Antarcticii. Este vorba de un brâu de munți ce înconjoară planeta, care a devenit cunoscut sub numele de *Dorsala Oceanică*. În 1957, Ewing a descoperit o crăpătură adâncă, *Marele Rift Global*, care se adâncește în centrul dorsalei și dă impresia că scoarța Pământului s-a rupt într-un număr de plăci strâns îmbinate. Acestea au fost numite *plăci tectonice*, de la cuvântul grecesc însemnând *tâmplar*, pentru că se îmbină atât de bine, încât par ajustate de un tâmplar.

Un alt geolog american, Harry Hammond Hess (1906-1969), a studiat plăcile tectonice și, în 1962, a ajuns la concluzia că materia din straturile inferioare ale Pământului urcă prin *Marele Rift Global* în mijlocul Oceanului Atlantic, împingând și îndepărtând cele două plăci de pe flancuri. Placa pe care se află Africa este împinsă către est, iar cea care poartă America de Sud, către vest, în timp ce oceanul dintre ele se lărgeste, într-un proces numit *extinderea fundului oceanic*. Această teorie a fost acceptată rapid de ceilalți geologi. America de Sud și Africa au fost într-adevăr cândva părți ale aceluiași bloc continental, așa cum a sugerat Wegener, dar nu s-au separat plutind în derivă, ci împinse și distanțate forțat. Wegener ajunsese la concluzia corectă, dar mecanismul pe care-l credea aflat la originea acestui fenomen era greșit. Dar noul mecanism era corect, iar întreaga geologie actuală se bazează pe *teoria tectonicii plăcilor* — studiul mișcării lente a plăcilor tectonice.

18. CUM APAR CUTREMURELE ȘI VULCANII?

Cutremurele și vulcanii au existat din cele mai vechi timpuri. Ele au avut întotdeauna o mare capacitate de distrugere și au reușit să-i înspăimânte cumplit pe oameni, pentru că pot omorî în câteva minute multe mii de ființe umane. Cea mai puternică erupție vulcanică pe care a cunoscut-o istoria a fost cea care, cam prin anul 1500 î.e.n., a distrus dintr-o dată insula Thera, care se afla în Marea Egee, la nord de insula Creta. Oamenii care locuiau acolo nu-i cunoșteau potențialul vulcanic, dar în adâncurile Pământului s-a adunat o asemenea presiune, încât în final a pulverizat piscul vulcanului. Erupția nu numai că a distrus insula Thera, fenomen care probabil s-a aflat la originea legendei despre Atlantida, dar a afectat atât de puternic insula Creta prin căderile de cenușă și valurile de flux pe care le-a produs, încât înfloritoarea civilizație a acesteia n-a mai supraviețuit multă vreme. De fapt, tot vestul Mediteranei a fost puternic afectat, iar Imperiul Egiptean a intrat definitiv în declin.

În Italia, un vulcan din apropierea orașului Neapole a fost inactiv atât de multă vreme, încât oamenii uitaseră că poate fi periculos. Însă dintr-o dată, în anul 79, erupția sa a distrus orașele Pompei și Herculaneum. Marele scriitor roman Pliniu (23-79) a murit pentru că s-a apropiat prea mult de vulcan, pentru a observa și descrie erupția. Vulcanul a ucis cam 4 000 de oameni, dar muntele Etna din



Sicilia, cel mai înalt și mai activ dintre vulcanii europeni, a făcut, la o erupție din 1699, aproape 20 000 de victime. O altă erupție gigantică s-a produs în Islanda în 1783. În 1815 a erupt vulcanul indonezian Tambora, aflat pe insula

Sumbawa, iar în 1883 un alt vulcan indonezian, Krakatoa, a făcut și el același lucru. În toate trei cazurile au fost pierderi mari de vieți omenești. În 1902 a erupt vulcanul Pelée, aflat pe insula West Indian din Martinica, iar gazele fierbinți și toxice au coborât pe versantul muntelui către fosta capitală a Martinicăi, Saint Pierre. În trei minute au fost uciși toți cei 38 000 de locuitori ai capitalei, cu excepția unuia singur (Excepția era un criminal condamnat la moarte, care aștepta, singur într-o închisoare subterană, să fie executat).

Cutremurele pot fi și mai periculoase. La 24 ianuarie 1556, provincia Shensi din China a fost lovită de un cutremur, despre care se crede că ar fi ucis 800 000 de oameni în numai câteva minute. În anul 1703, un cutremur a omorât 200 000 de oameni la Tokyo, iar în 1737 un altul a făcut la Calcutta 300 000 de victime. Cel mai mare cutremur european din timpurile moderne a avut loc la 1 noiembrie 1755, când efectele combinate ale cutremurului, valului de flux și focului care i-au urmat au distrus orașul Lisabona din Portugalia și au ucis 60 000 de oameni. A mai fost, de asemenea, un cutremur teribil în 1812 pe râul Mississippi, aproape de actualul oraș New Madrid, dar pe atunci locuiau atât de puțini oameni acolo, încât n-a ucis pe nimeni.

Cum se produc asemenea fenomene? Putem renunța la vechile teorii cu zei răzbunători, spirite ale focului, și așa mai departe. Aristotel credea că aerul este prins în diferite locuri subpământene, iar cutremurele sunt produse de scăpările întâmplătoare ale aerului care răbufnește afară. Dar, pe măsură ce oamenii au început să analizeze problema vulcanilor și a cutremurelor, au remarcat faptul că majoritatea acestor fenomene se produc în anumite zone. Dintre cei cinci sute de vulcani activi aflați pe Pământ, aproape trei sute sunt dispuși pe o curbă largă în jurul Oceanului Pacific, alți opt sunt în lanțul insulelor indoneziene, iar un număr mai mic se înșiră de-a lungul Mării Mediterane.



Cutremurele se produc și ele cel mai adesea în aceste regiuni, ceea ce sugerează faptul că vulcanii și cutremurele sunt legate cumva și ar putea avea aceleași cauze

Cutremurul de la Lisabona a dat naștere unui val de cercetări științifice în această problemă și a condus la amplasarea de seismografe în diferite locuri, așa cum am menționat mai devreme. Apoi, în 1906, un cutremur a distrus orașul San Francisco, iar un geolog american care venise să cerceteze zona, Harry Fielding Reid (1859-1944), a remarcat că în apropierea orașului s-au produs alunecări de teren. O margine a ceea ce părea o crăpătură în pământ se deplasase în sus, comparativ cu cealaltă parte. Majoritatea oamenilor a presupus că acea crăpătură fusese produsă de cutremur, dar Reid a avut altă idee: crăpătura, sau falia (acum o numim Falia San Andreas), putea să se fi aflat acolo dintotdeauna. Cu timpul, presiunea s-a acumulat, presând cele două lături ale faliei una în cealaltă. Cele două laturi erau în mod normal ținute pe loc de către frecare, dar pe măsură ce presiunea s-a acumulat, una dintre margini s-a deplasat, frecându-se de cealaltă într-o serie de șocuri, care au produs vibrații destul de puternice pentru a rade un oraș și a stinge mii de vieți.

Deși Reid era pe drumul cel bun, cauzele cutremurelor n-au devenit complet clare până când n-au fost descoperite plăcile tectonice. Atunci s-a înțeles că, datorită forțelor din adâncul Pământului, plăcile se mișcă foarte încet, dar continuu, iar la marginile de contact dintre ele se produc uneori mișcări laterale, așa cum a observat Reid în legătură cu cutremurul din San Francisco. Falia San Andreas este, la urma urmei, o secțiune a limitei dintre placa Americii de Nord și cea a Oceanului Pacific.

Mai mult, de-a lungul faliilor existente în lume se găsesc puncte de rezistență mai redusă, pe unde lava de dedesubt poate urca la suprafață și produce erupții vulcanice, iar când două plăci tectonice se întâlnesc, marginile se încrețesc, producând lanțuri muntoase. Masivul Himalaya, actualmente

cea mai înaltă regiune de pe Pământ, a apărut atunci când placa pe care se află India a pătruns lent în placa pe care se găsește restul Asiei. Uneori, o placă alunecă sub alta, trăgând cu ea fundul oceanului și producând depresiuni abisale, care ajung până la adâncimi de peste unsprezece kilometri.

Înțelegerea deplină a diferitelor fenomene implicate în mișcările scoarței Pământului s-a dovedit imposibilă până la descoperirea plăcilor tectonice. Această descoperire a făcut să pară simplu ceea ce părea imposibil — trăsătură ce caracterizează întotdeauna o teorie bună.

19. CE ESTE CĂLDURA?

A sosit acum timpul să ne punem întrebarea: Ce forțe se găsesc în adâncul Pământului și pun în mișcare cutremurele și vulcanii? Înainte de a formula această problemă, trebuie însă mai întâi să ne întrebăm: Ce este căldura?

Simțim cu toții căldura și de aceea o considerăm ceva firesc. Ea ajunge la noi în primul rând de la Soare, motiv pentru care simțim dogoarea zilelor caniculare și căutăm răcoarea la umbră. O putem simți, mai puțin violentă, alături de un foc, un bec, un radiator sau un ceainic plin cu apă fierbinte și, chiar dacă nu știm ce este, știm ce face: se scurge de la un corp la altul. Dacă suntem înghețați și stăm lângă foc, căldura trece de la foc spre noi. Dacă însă stăm prea mult acolo, este posibil să absorbim prea multă căldură și să începem să simțim o stare de disconfort, care ne îndeamnă să ne schimbăm locul. Dacă punem un ibric cu apă rece pe flacăra aragazului, căldura trece de la foc la ibric, iar apa rece se înfierbântă, ajungând în cele din urmă să fiarbă.

Puteți să mai găsiți multe asemenea exemple, așa că nu este lipsit de sens să considerăm căldura ca un fel de fluid subtil, care curge dintr-un corp în altul, cam la fel ca și apa. O anumită substanță, în condiții date, conține numai o cantitate limitată de asemenea fluid. Iar pentru a fi siguri,



putem verifica faptul că un ibric plin cu apă fierbinte pus pe o suprafață rece își pierde treptat căldura, devenind până la urmă complet rece

În 1798, un fizician american de origine engleză, pe nume Benjamin Thompson, Lord Rumford (1753-1814), găurea blocuri de metal pentru a obține cilindri lungi și cu pereți groși, folosiți la fabricarea tunurilor. El a observat că sfredelul folosit încălzea atât de puternic metalul, încât trebuia răcit permanent cu apă. Explicația obișnuită era că pe măsură ce burghiul sfredelea metalul, fluidul termic se elibera și se scurgea în afară.

Totuși, Rumford a observat că producerea căldurii continua pe tot timpul găuririi, fără să apară semne că fluidul s-ar putea epuiza. Era eliminată suficientă căldură pentru a înfierbânta o mare cantitate de apă, iar dacă s-ar fi putut turna toată acea căldură înapoi în blocul de metal, acesta s-ar fi încălzit atât de mult, încât s-ar fi topit. Pe scurt, din metal ieșea mai multă căldură decât ar fi putut acesta conține în stare solidă.

Mai mult decât atât, Rumford a încercat să găurească cu un burghiu atât de bont, încât nu scotea nici o așchie din metal, deci n-ar fi trebuit să elibereze fluid termic. Dar nu s-a întâmplat așa, de fapt, se producea *mai multă* căldură cu un burghiu bont decât cu unul ascuțit. Din acest experiment simplu, el a tras concluzia că, de fapt, căldura nu este un fluid, ci o formă de mișcare. A presupus că mișcarea burghiului era comunicată într-un fel metalului, astfel încât minuscule particule din acesta (așa de mici, încât erau invizibile) preluau această mișcare, care era percepută sub formă de căldură.

S-a întâmplat ca Rumford să fie pe drumul cel bun. În 1803, chimistul britanic John Dalton (1766-1844) a lansat ipoteza că toate materialele sunt compuse din mici particule, prea mici pentru a fi vizibile, numite *atomi*. În cele din urmă s-a stabilit că materia este constituită din atomi, uniți de regulă în grupuri numite *molecule*. În deceniul șase al

secolului trecut, matematicianul britanic James Clerk Maxwell (1831-1879) și fizicianul austriac Ludwig Edward Boltzmann (1844-1906), lucrând independent, au arătat că interpretarea cea mai potrivită a căldurii este ca o mișcare aleatorie a atomilor și moleculelor — fie deplasare, fie vibrație sau rotire. Această explicație este *teoria cinetică* a căldurii (de la cuvântul grecesc însemnând *mișcare*)

20. CE ESTE TEMPERATURA?

Unele lucruri sunt mai calde decât altele. Un anumit ibric cu apă poate fi călduț, în timp ce apa din altul aproape dă în clocot, iar noi putem observa lesne diferența atingându-le. De fapt, nici nu-i nevoie să le atingem, dacă apropiem mâna la doi centimetri de fiecare ibric, vom sesiza imediat care este cel fierbinte.

De ce unele obiecte sunt mai calde decât altele? Oare un obiect fierbinte conține mai multă căldură decât unul rece? Această explicație dădea impresia că este atât de firească, încât nimeni nu părea în stare s-o contrazică.

Și totuși un chimist britanic, Joseph Black (1728-1799), a reușit să demonstreze că nu numai cantitatea de căldură este cea care generează „fierbințeala”, sau temperatura, cum se numește de fapt. Să presupunem că luați o bucată de fier și una de plumb, ambele de aceeași greutate și la fel de calde, și le puneți în două vase cu apă rece. În ambele cazuri, metalul cedează căldura, care se transmite apei, astfel încât aceasta se încălzește, în timp ce metalul se răcește, până când transferul de căldură se încheie. V-ați aștepta ca apa să fie încălzită la fel de mult în ambele cazuri, dar nu se întâmplă așa. Apa în care a fost cufundat fierul este sensibil mai caldă decât cea în care s-a introdus bucata de plumb. Ambele metale erau la fel de fierbinți, deci aveau aceeași temperatură, dar fierul conținea mai multă căldură.



Pe de altă parte, dacă puneți o bucată de fier fierbinte într-un vas care conține amestec de apă cu gheață, căldura va topi o parte din gheață pe măsură ce fierul se răcește, dar amestecul (care în final va conține mai multă apă și mai puțină gheață) își va menține aceeași temperatură ca la început. Rezultă deci că poate fi încălzită o substanță fără ca temperatura ei să crească, dar căldura produce în schimb alte consecințe, cum ar fi, de pildă, ruperea legăturilor moleculare ale gheții și lichefierea acesteia.

Pentru a înțelege această idee, putem compara transferul căldurii cu scurgerea apei. Deși căldura nu este de fapt un fluid ca apa, are unele caracteristici similare cu aceasta, iar comportamentul apei ne poate ajuta să înțelegem unele fenomene legate de căldură.

Cantitatea de căldură poate fi comparată cu cantitatea de apă, în timp ce temperatura poate fi asimilată cu temperatura apei. Astfel, dacă apa este turnată într-un cilindru de o anumită înălțime, ea exercită o anumită presiune asupra fundului recipientului. O anumită cantitate de apă, turnată într-un cilindru cu diametru mare, va avea un nivel mai mic decât aceeași cantitate turnată într-un cilindru subțire. Apa din cilindrul cu diametru mic va exercita astfel o presiune mai mare asupra fundului decât cea din vasul larg, deși cantitățile totale de apă sunt egale. Similar, pentru a încălzi o bucată de fier la o anumită temperatură, este necesară mai multă căldură decât pentru a aduce aceeași cantitate de plumb la aceeași temperatură. Fierul este ca și cilindrul cu diametru mare, are o *căldură specifică* mai mare.

Căldura nu este în mod obligatoriu transferată de la un obiect ce conține o cantitate mai mare de căldură spre unul cu o cantitate mai mică, ci de la materialele cu temperatură mai mare, spre cele mai reci, indiferent de cantitatea de căldură conținută de fiecare. La fel, dacă aveți un cilindru plin cu apă, astupat la fund, și îl introduceți parțial într-o cadă plină, astfel încât nivelul apei aflate în cilindru este considerabil mai mare decât cel din cadă, presiunea din cilindru este mai mare decât cea din cadă, chiar dacă el conține mai puțină apă. Dacă acum scoateți dopul de la fundul cilindrului, presiunea se egalează. Apa se scurge din cilindru în cadă — de la presiunea mai mare către cea mai mică. Nu curge dinspre cantitatea mai mare spre cea mai redusă, adică din cadă în cilindru.

De asemenea, câteva picături de apă pot avea o temperatură mai ridicată decât o cadă plină cu apă caldă, deși cantitatea de căldură din cadă este mult mai mare decât cea conținută în picăturile de apă fierbinte.

Cu toate acestea, dacă picurați puțină apă fierbinte în cadă, căldura trece de la cei câțiva stropi spre apa caldă din cadă, și nu viceversa. Astfel, deoarece temperatura este cea care determină sensul transferului de căldură, oamenii de știință sunt mult mai interesați de măsurarea acesteia decât de aflarea cantității de căldură.



21. CUM MĂSURĂM TEMPERATURA?

Putem afla cu ușurință dacă o substanță este mai caldă decât alta pur și simplu atingându-le și făcând comparația, dar simțurile noastre nu sunt destul de precise pentru a determina exact cât de caldă este. De fapt, există chiar și un experiment simplu, care se desfășoară cam așa. Cufundați o mână în apă fierbinte, iar cealaltă în apă rece și mențineți-le acolo câțva timp. Apoi băgați ambele mâini în apă caldută. Veți simți senzație de cald la mâna care a fost în apă rece, și de rece la cealaltă.

Pe scurt, nu puteți măsura temperatura prin atingere, cu precizie mai mare decât apreciați lungimea din priviri. Veți avea nevoie de o ruletă pentru a măsura lungimile și de un dispozitiv corespunzător pentru temperaturi. Trebuie deci găsit un fenomen care se modifică proporțional cu variațiile de temperatură, iar aceste modificări să fie marcate în unități convenabile. Galileo a fost primul care a încercat să creeze un astfel de dispozitiv. În 1603 el a răsturnat într-un vas cu apă un tub de sticlă plin cu aer cald. Pe măsură ce aerul se răcea, el se contracta și absorbea apă în tub. Atunci când camera se încălzea, aerul se dilata și nivelul apei cobora. Măsurând nivelul apei putea fi apreciată temperatura din încăpere.

Dispozitivul construit de Galileo a fost primul *termometru* (din grecescul *a măsura căldura*) și primul instrument științific construit din sticlă. Totuși nu era un termometru prea bun, pentru că suprafața apei din vas era deschisă, ceea ce înseamnă că nivelul lichidului din tub era influențat și de presiunea atmosferică, care modifica rezultatele.

În 1654, marele duce de Toscana, Ferdinand al II-lea, (1610-1670), a inventat un termometru care nu era influențat de presiunea atmosferică. Într-o sferă destul de mare, golită de aer și prelungită cu un tub lung și subțire, era închis etanș un lichid. Lichidele se dilată și ele atunci când crește temperatura, iar când scade se contractă. Dilatarea și contrac-

tarea nu sunt la fel de ample ca în cazul aerului, dar au valori suficiente pentru a produce modificarea vizibilă a nivelului lichidului într-un tub subțire

Primele lichide folosite pentru acest scop au fost fie apa, fie alcoolul, dar nici unul n-a dat rezultate satisfăcătoare. Apa îngheață și nu putea fi folosită pentru măsurarea temperaturii în zilele friguroase de iarnă, alcoolul fierbea prea repede și nu permitea măsurarea temperaturii apei fierbinți. Cam prin anul 1695, fizicianul francez Guillaume Amontons (1663-1705) a sugerat folosirea mercurului, care era un lichid ideal pentru acest scop. Rămânea lichid într-un domeniu de temperaturi mult mai mare decât apa sau alcoolul și părea să se dilate și să se contracte cu regularitate la variațiile de temperatură.

Un fizician german de origine olandeză, Gabriel Daniel Fahrenheit (1686-1736) a realizat în 1714 un termometru în care un fir de mercur se dilata dintr-un rezervor de formă sferică plin cu mercur într-un tub de sticlă vidat. El a marcat nivelul mercurului când termometrul era cufundat în apă cu gheață și când era în apă clocotită. Lungimea dintre aceste limite a divizat-o în 180 de segmente egale, numite acum grade Fahrenheit. Temperatura gheții care se topește este de 32°F, iar a apei în clocot de 212°F. Nu se știe cu certitudine de ce a ales Fahrenheit tocmai aceste valori.

Astronomul suedez Anders Celsius (1701-1744) a creat în 1742 ceea ce numim acum *scala Celsius*. Punctul de înghețare a apei este considerat 0°C, iar punctul de fierbere 100°C. Scala Celsius este mai clară decât scala Fahrenheit și este folosită în prezent în întreaga lume, cu excepția Statelor Unite, care se încăpățânează să rămână la vechiul sistem.





22. CE ESTE ENERGIA?

Căldura este doar o formă a ceea ce oamenii de știință numesc *energie*, denumire care desemnează orice fenomen care are capacitatea de a produce lucru mecanic. Chiar cuvântul *energie* provine din cuvintele grecești *conținând lucru*. Totuși trebuie să fim foarte atenți, pentru că oamenii de știință folosesc termenul *lucru* cu o semnificație foarte precisă, ce nu corespunde cu modul în care este folosit în limbajul obișnuit¹. Pentru oamenii de știință, lucrul mecanic este ceea ce se produce atunci când aplicăm o forță împotriva unei rezistențe, pe o anumită distanță.

Dacă ridicăm cu un metru pe verticală un obiect cu o anumită masă, învingând rezistența opusă de gravitație, efectuăm asupra masei respective lucru mecanic, în sensul științific al termenului. Dacă însă ținem obiectul suspendat nemișcat la înălțimea de un metru, nu mai producem lucru mecanic. Ați putea crede că nu-i așa, pentru că această acțiune generează oboseală, dar acest lucru se întâmplă numai pentru că mușchii noștri consumă energie pentru a se menține încordați, ei nu efectuează lucru mecanic asupra obiectului. Dacă puneți obiectul pe un raft aflat la înălțimea de un metru, acesta îl poate susține o durată nedefinită fără a obosi și nu efectuează nici el lucru mecanic asupra obiectului. Nici eu nu execut lucru mecanic gândind la aranjarea cuvintelor în această carte, deși după un timp cu siguranță ajung să obosesc.

Căldura produce lucru mecanic, în sens științific. Duce, spre exemplu, la dilatarea mercurului, învingând gravitația și ridicând o parte din el. Mușchii dumneavoastră pot ridica o greutate. Un magnet poate ridica un cui din fier. Electricitatea, lumina, sunetul și substanțele chimice pot, în circumstanțele potrivite, să producă lucru mecanic. La fel și orice obiect aflat deja în mișcare, care posedă astfel *energie cinetică* (de la

¹ În limba română nu există ocaastă confuzie generată în engleză de cuvântul *work*, deoarece termenul științific consacrat este *lucru mecanic* (n.t.)

cuvintele grecești *energie de mișcare*), sau un obiect dispus la înălțime, care poate să cadă și să producă astfel lucru mecanic, cum fac spre exemplu greutatea unui ceas care pun în mișcare mecanismul în timp ce cad (Se spune despre un obiect aflat la înălțime că posedă *energie potențială*)

Sunt toate aceste forme de energie independente sau există unele relații între ele? Curentul electric produce câmp magnetic, iar magnetismul poate crea curent electric Tot curentul electric poate produce sunete într-o sonerie, lumină într-un bec și mișcare într-un motor Lumina poate produce electricitate, iar sunetul poate produce mișcare De fapt, orice formă de energie poate fi convertită în orice altă formă, fenomenul este unic, dar poate îmbrăca o mare varietate de forme

Dar atunci când energia este convertită într-o altă formă, se pierde ceva din ea în acest proces? Dar dacă rămâne într-o anumită formă, se pierde ceva? Răspunsul la aceste întrebări părea în timpurile mai vechi să fie un răsunător da Forma de energie cea mai familiară și cea mai studiată era energia cinetică, a mișcării O ghiulea masivă, deplasându-se suficient de rapid pentru a dărâma zidul unui castel este, desigur, o demonstrație expresivă a energiei Dar dacă ghiuleaua este lăsată să se rostogolească pe sol, nu se mișcă la nesfârșit, ci încetinește treptat și în final se oprește, iar pe măsură ce mișcarea este tot mai lentă, energia conținută de ghiulea scade Ce se întâmplă cu ea? Ceea ce poate vedea oricine este faptul că energia pur și simplu dispare

Le-a trebuit ceva timp oamenilor de știință pentru a înțelege că, ori de câte ori energia părea să dispară, de fapt era transformată în căldură Energia ghiulelei care se rostogolea, se transforma în căldură, dar aceasta era răspândită pe o suprafață atât de mare de sol, încât nu putea fi observată Dacă luăm și căldura în calcul, există vreo pierdere de energie la transformarea dintr-o formă în alta?

Prima persoană care a abordat această problemă printr-o amplă serie de experimente minuțioase și perseverente a fost fizicianul britanic James Prescott Joule (1818-1889) În

deceniul al cincilea al secolului trecut, el a efectuat nenumărate teste în care a convertit o formă de energie în alta. El a măsurat energia inițială și pe cea produsă, inclusiv căldura, ajungând la concluzia că în aceste procese nu se pierde și nu se câștigă energie. În anul 1847, a făcut publice experimentele și concluziile sale, dar, fiind considerat cercetător amator (era berar de profesie), n-a fost luat de nimeni în serios.

Totuși, în același an, un fizician german, Hermann L. F. von Helmholtz (1821-1894), a anunțat că a ajuns la aceeași concluzie. Fiind profesor și prezentând o analiză minuțioasă a acestei teorii, a reușit să atragă atenția. De aceea, el este considerat primul care a formulat *legea conservării energiei*, care afirmă că energia nu poate fi creată sau distrusă, deși își schimbă forma. Altfel spus, „cantitatea totală de energie din univers este constantă”. Unii consideră acest concept ca fiind legea fundamentală a naturii.

Datorită faptului că studiile privind energia sunt, de regulă, reduse la analiza transferului căldurii, disciplina care se ocupă cu transformările dintre lucrul mecanic și celelalte forme de energie se numește *termodinamică* (din cuvintele grecești *mișcare* și *căldură*). Legea conservării energiei este uneori numită *prima lege a termodinamicii*.

Importanța acestei legi (și a tuturor legilor similare) rezidă în faptul că stabilește limitele a ceea ce este posibil. Indiferent ce fenomen este observat sau sugerat, trebuie pusă întrebarea: „De unde vine energia și unde se duce?” Dacă nu se poate da răspunsul la această întrebare, atunci ceva este greșit, fie s-a făcut o presupunere nejustificată sau o observație este greșită, fie informațiile sunt incomplete.

Pe de altă parte, legea conservării energiei ca și alte generalizări similare cu mare grad de cuprindere, nu pot fi demonstrate. Tot ce putem spune este că cercetătorii n-au fost încă în măsură să găsească vreo excepție. Este posibil să apară pe neașteptate excepții care să ne oblige să regândim legea, s-o modificăm, s-o lărgim sau s-o înlocuim. Dar, timp

de un secol și jumătate, legea conservării energiei a rămas neschimbată

Totuși, chiar și cele mai imuabile legi ale științei pot fi revăzute. Cam prin 1900, rolul energiei nucleare era subapreciat, iar fără ea toate considerațiunile privind conservarea energiei erau incomplete. De asemenea, nu era înțeleasă încă nici ideea că însăși masa este o formă concentrată de energie, iar cunoștințele despre conservarea energiei erau și din acest motiv incomplete. Fizicienii nu simțeau lipsa acestor informații pentru că, din întâmplare, energia nucleară și echivalentul energetic al masei nu jucau un rol important în experimentele științifice ale secolului trecut. De aceea trebuie să înțelegem că pot exista chiar și astăzi aspecte cruciale ale universului despre care încă nu știm nimic și care, odată descoperite, ne-ar putea obliga să ne schimbăm concepțiile. În știință nimic nu este vreodată scutit de îmbunătățire și modificare, nici chiar legea conservării energiei, aceasta fiind una dintre trăsăturile care fac jocul științei să fie copleșitor de interesant.

23. PUTEM RĂMÂNE FĂRĂ ENERGIE?

Legea conservării energiei arată clar că energia nu poate fi distrusă. Acest lucru pare să ne spună că vom avea întotdeauna energie pentru a face tot ce dorim. La urma urmelor, din moment ce folosirea energiei nu o distruge, ci doar îi schimbă cel mult forma, am putea (să presupunem) s-o folosim în noua ei formă, oricare ar fi aceasta, să-i schimbăm iar forma, și tot așa la nesfârșit.

Din păcate, lucrurile nu stau așa. Oamenii de știință au ajuns la concluzia că de fiecare dată când energia este folosită pentru a efectua lucru mecanic, numai o parte din ea poate fi utilizată. Restul se transformă în căldură. Putem folosi apoi căldura pentru a produce lucru mecanic, dar



numai dacă este distribuită neuniform, când există o zonă caldă și alta rece. Atunci când asemenea diferență este folosită pentru a produce lucru mecanic, iarăși doar o parte din energia-disponibilă se transformă în sensul dorit, restul se pierde sub formă de căldură, care este distribuită mai uniform decât înainte. Odată distribuită complet uniform, căldura nu mai poate fi folosită pentru a produce lucru mecanic. Rezultatul final este că ori de câte ori folosim o formă de energie pentru a produce lucru mecanic, sfârșim prin a obține energie tot mai puțin utilizabilă în continuare. Energia totală nu poate fi distrusă, dar *energia liberă* — aceea pe care o putem pune la muncă — descrește continuu.

Un alt mod de a privi lucrurile este să considerăm că orice energie, nu doar termică, poate produce lucru mecanic numai atunci când este distribuită neuniform. De câte ori o folosim, distribuim energia puțin mai uniform. Măsura uniformității distribuirii energiei (care poate fi considerată ca fiind *dezordinea* sistemului — cu cât este distribuită mai uniform, cu atât mai mare este dezordinea) se numește *entropie*. Cu cât entropia este mai mare, cu atât mai puțin lucru mecanic se poate obține din energie. În acest mod putem să ne imaginăm universul aflat într-o lentă, dar inexorabilă prăbușire.

Tot ce facem duce la creșterea entropiei universului. De fapt, tot ce se petrece în univers, chiar dacă ființele umane nu sunt cu nimic implicate, duce la sporirea entropiei. Această continuă și inevitabilă sporire a entropiei este numită, de regulă, *legea a doua a termodinamicii*.

Prima persoană care a intuit existența acestei legi a fost un fizician francez, Nicholas L. S. Carnot (1796-1832), care a publicat în 1824 o broșură despre capacitatea motoarelor cu abur de a converti distribuția neuniformă a căldurii în lucru mecanic. Totuși, problema a fost studiată în *detaliu* începând cu anul 1850, de către fizicianul german Rudolf J. E. Clausius (1822-1888), care a avut pentru prima dată viziunea prăbușirii energetice a universului.

Dar dacă energia liberă este în continuă scădere, iar entropia în continuă creștere, cum se face că, deși universul există cu siguranță de miliarde de ani, nu s-a prăbușit încă? Răspunsul este că resursa de energie liberă existentă la început în univers era atât de mare, încât n-a scăzut prea mult, nici după miliarde de ani. Este posibil ca universul să se îndrepte spre colaps, dar vor mai trebui multe miliarde de ani până atunci și nu este cazul să ne îngrijorăm — nu prea tare, în orice caz. În plus, deși astăzi știm mult mai multe despre colapsul final al universului decât știa Clausius cu un secol și jumătate în urmă, tot nu știm atât cât am dori. Nu mai suntem așa de siguri astăzi în legătură cu stingerea universului, cum erau atunci Clausius și discipolii săi.

24. CARE ESTE TEMPERATURA INTERNĂ A PĂMÂNTULUI?

Putem acum să revenim la Pământ și să ne punem și alte întrebări, cum ar fi care este temperatura internă în adâncuri, mult sub scoarța planetei?

A existat întotdeauna tendința de a considera că Pământul este fierbinte în adâncuri. La urma urmei, pe Pământ există ici-colo izvoare calde și mai sunt și cumplitele erupții ale vulcanilor. Probabil că vulcanii au fost cei care au dat oamenilor din vechime ideea că în interiorul Pământului se află iadul, domeniu al focului veșnic, în care credeau că sunt torturate de către o zeităte răzbușătoare și necruțătoare sufletele oamenilor care nu le erau pe plac.

Nu există nici o dovadă că iadul ar exista în adâncurile Pământului, dar sunt în schimb dovezi că centrul Pământului este o zonă aflată permanent la temperaturi înalte. Când oamenii au început să sape în măruntaiele Pământului după aur sau diamante, a ieșit la iveală faptul că pe măsură ce înaintau mai adânc, temperatura era tot mai mare. În minele



de mare adâncime temperatura este aproape de neîndurat, chiar și cu instalații de aer condiționat

Judecând după ritmul de creștere a temperaturii odată cu adâncimea, se poate presupune că centrul Pământului s-ar putea afla la o temperatură de 5000°C

Acum, cunoscând legea conservării energiei, avem obligația să punem întrebarea De unde vine energia care produce căldura? Vom răspunde la această întrebare în această carte, dar mai târziu, când vom analiza cum s-a format Pământul

25. DE CE NU SE RĂCEȘTE PĂMÂNTUL?

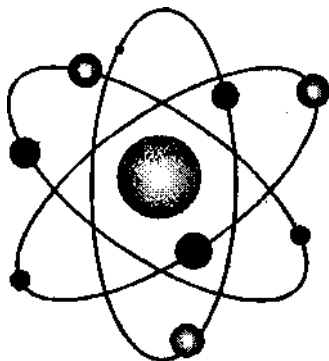
Chiar dacă am căzut de acord să lăsăm pentru mai târziu problema provenienței energiei care produce căldura internă a Pământului, ne putem totuși pune întrebarea de ce Pământul mai păstrează încă această căldură În fond, dacă are vechimea de 4,6 miliarde de ani, de ce nu s-a răcit cu multă vreme în urmă?

Conform legilor termodinamicii, căldura ar trebui să se scurgă întotdeauna dinspre regiunile cu temperatură ridicată spre cele cu temperatură scăzută Ar trebui deci să fie transferată de la centrul fierbinte al Pământului, către suprafață și apoi în spațiu

Să clarificăm un lucru Pământul primește de la Soare căldură care compensează pierderile termice, însă chiar adăugând această căldură, temperatura medie a suprafeței este de circa 14°C , dar oare ce înseamnă această valoare, comparativ cu cele 5000°C ale nucleului? Căldura ar trebui totuși să fie radiată către exterior de către centrul extrem de fierbinte, până ce întreaga planetă ar ajunge la temperatura suprafeței Deși suprafața Pământului este un bun izolator — adică nu poate trece căldura prin ea decât foarte greu, lucru care încetinește foarte mult răcirea interiorului —

nu poate reduce transferul de căldură la zero. Pare normal ca în 4,6 miliarde de ani să fi fost suficientă vreme pentru ca Pământul să se fi răcit, dar totuși a rămas un corp foarte fierbinte. De ce?

Era foarte posibil ca legile termodinamicii să fi fost greșite, dar oamenii de știință tind să nu accepte o asemenea idee decât în ultimă instanță. Mai întâi s-au gândit la o eventuală sursă de energie de care n-au ținut cont, iar această soluție s-a dovedit a fi corectă.



După descoperirea radioactivității, chimistul francez Pierre Curie (1859-1906), soțul Mariei Curie, a înțeles că, atunci când se „sparg” atomii radioactivi, ei trebuie să elibereze energie. El a fost primul care a reușit, în 1901, să măsoare această energie și a constatat că fisiunea unui atom de substanță radioactivă eliberează mai multă energie decât arderea unei molecule de benzină sau explozia unei molecule de TNT¹. Astfel a fost descoperită existența unei noi și puternice forme de energie, a cărei existență nu fusese nici măcar bănuită de către oamenii de știință, *energia nucleară*.

Materialele radioactive cedează această energie atât de lent, încât în mod normal nu este observabilă, dar acest proces se desfășoară continuu, un timp incredibil de lung. În cei 4,6 miliarde de ani ai existenței sale, Pământul și-a epuizat doar jumătate din conținutul său de uraniu și o cincime din cel de toriu. În procesul de descompunere radioactivă, uraniul și toriul aflate în straturile de roci din compoziția planetei au produs căldură care s-a adăugat la rezerva planetei și a împiedicat-o să se răcească. Efectul a

¹ Prescurtare uzuală folosită pentru a desemna trinitrotoluenul, substanță explozivă, cunoscută sub numele de tritol. (n.t.)

fost chiar o ușoară încălzire, tendință care va continua încă multe miliarde de ani, deși va fi tot mai diminuată

26. CERUL SE ROTEȘTE TOT DEODATĂ?

A sosit timpul să revenim la restul universului, ceea ce ne va ajuta să putem pune noi întrebări despre Pământ

În vremurile străvechi, Pământul era considerat întregul univers (în sensul natural, lăsând deoparte raiul, iadul și celelalte domenii supranaturale, despre existența cărora nu există dovezi științifice) Tot ce mai exista în afară de Pământ era cerul — albastru ziua, când Soarele strălucea, negru noaptea, spuzit cu stele și luminat de Lună (Uneori Luna apare, mai palidă, și pe cerul zilei, vizibilă în ciuda strălucirii Soarelui)

Cerul părea să fie o boltă solidă care înconjura Pământul, motiv pentru care chiar așa se credea că este Pentru oamenii primitivi, care credeau că Pământul este plat, cerul era un capac emisferic turtit, care cobora de jur împrejur, atingând orizontul la marginea Pământului Pentru aceia care credeau că Pământul este sferic, cerul era o sferă mai mare care îl înconjura, dar tot sub forma unei bolți solide și subțiri Termenul biblic este *firmament*, și provine din traducerea din ebraică a cuvântului care desemnează o foaie metalică subțire, iar prefixul *firm* arată că era considerat ferm, solid

Dacă cerul era o substanță solidă, metalică sau din alt material, trebuia să se rotească cu totul, astfel încât tot ce se află pe el să se miște în același timp Dar se întâmplă oare acest lucru?

În zilele noastre, oamenii nu prea se mai uită spre cer, din pricina orașelor mari, în care atât de mulți dintre noi trăim scăldați noaptea într-o asemenea risipă de lumină, încât

privești cerul este acoperită. Totuși, în trecut, lumea era realmente întunecată noaptea, iar atunci când cerul nopții era senin, în special când Luna nu se afla pe boltă, privești stelele sclipitoare era magnifică. Marinarii priveau cerul nopții pentru a-și putea călăuzi navele după stele, astrologii îl priveau crezând că anumite aspecte ale cerului prevesteau viitorul nașunilor și oamenilor, iar unii îl priveau pur și simplu pentru frumusețea lui. Cei care priveau cerul din locuri aflate în Grecia, Babilon și Egipt au observat că toate stelele se roteau în jurul Stelei Polare. Acele stele care se găseau mai aproape de Steaua Polară se mișcau pe cercuri mai mici și rămâneau pe cer toată noaptea. Cele aflate mai departe dispăreau dincolo de orizont, dar apăreau iarăși, mai târziu. Aspectul cel mai important este că păreau să se miște toate simultan. În grupurile de stele oamenii cu imaginație vedeau pe cer animale și alte figuri (*constelațiile*) care rămâneau absolut neschimbate de la noapte la noapte, oricât de mult le priveau. Stelele păreau să fie ca niște mici paiete strălucitoare, lipite pe cerul solid și rotindu-se toate în același timp, fără a-și schimba pozițiile.

Din acest motiv erau numite *stele fixe*. Există cam șase mii de stele ce pot fi văzute cu ochiul liber cum călătoresc pe cerul nopții, de către persoanele cu ochi buni. Câteva sunt destul de strălucitoare, dar majoritatea abia se văd. Dar de ce erau numite stele fixe? Dacă toate obiectele de pe cer erau fixe pe boltă, de ce n-au considerat acest lucru ca fiind firesc și să le numească pur și simplu stele? Necazul era că vreo câteva obiecte de pe cer nu-și păstrau locul.

Unul dintre aceste obiecte este Luna, care constituie obiectul cel mai vizibil de pe cerul nopții și a fost probabil studiată cu atenție, încă din vremea oamenilor preistorici. Luna răsare la est și apune la vest, la fel ca stelele, dar rămâne în urma lor. Nu poate trece neobservat faptul că-și schimbă poziția în raport cu stelele, deplasându-se constant de la vest la est și făcând un tur complet în 29½ zile.



Soarele face și el același lucru, dar mai lent. Desigur, nu poate fi observată poziția stelelor când Soarele strălucește pe cerul albastru. Dar când Soarele apune, dacă urmăriți noapte după noapte situația, observați că toate constelațiile se deplasează puțin spre vest între două apusuri succesive. Cea mai simplă explicație a acestui fenomen este presupunerea că Soarele, ca și Luna, se deplasează de la vest spre est în raport cu stelele, făcând un tur complet în 365¼ zile.

Soarele și Luna sunt corpuri cerești deosebite, ele nu au aspect de puncte luminoase, la fel ca celelalte obiecte de pe cer, ci arată ca niște discuri strălucitoare. Există totuși cinci obiecte care *chiar* arată ca niște stele (deși sunt puțin mai luminoase), care însă își schimbă permanent pozițiile printre celelalte. Aceste cinci obiecte au fost studiate pentru prima dată de sumerienii antici cam prin anul 300 î.e.n. și le-au părut acestora atât de neobișnuite, încât au primit nume de zei. Acest obicei s-a perpetuat și a fost adoptat mai întâi de greci și apoi de romani. În prezent încă folosim numele date de romani atunci când ne referim la aceste cinci obiecte care arată ca niște stele: Mercur, Venus, Marte, Jupiter și Saturn. Aceste cinci obiecte, plus Soarele și Luna, sunt corpuri cerești hoinare, care au fost numite *planete*, de la cuvântul grecesc *a hoinări* (În zilele noastre nu mai numim Soarele și Luna planete, din motive pe care le voi explica mai târziu).

Cele șapte planete au constituit întotdeauna obiectul interesului ființelor umane, pentru că hoinăreala lor pe cer era considerată de oamenii simpli un fel de cod ce reprezenta mesaje divine despre viitor (un fapt exploatat de astrologii lipsiți de scrupule, care făceau pentru bani prevestiri lipsite de valoare). Săptămâna de șapte zile a fost inventată de babilonieni în cinstea celor șapte planete și în multe limbi europene s-au menținut până în prezent numele zilelor date după cele ale planetelor: *luni* (Luna), *marți* (Marte), *miercuri* (Mercur), *joi* (Jupiter), *vineri* (Venus). Evreii din antichitate au adoptat săptămîna babiloniană și au încercat să-i adauge o

tentă religioasă în primele două cărți ale Genezei, dar numele continuă să indice originea lor păgână

Întrucât cele șapte planete hoinăresc libere pe cer și nu pot fi considerate fixe pe bolta solidă a cerului, grecii din antichitate s-au gândit că fiecare planetă trebuie să fie fixată pe o sferă proprie, care se rotește între firmament (sfera cea mai depărtată) și Pământ. Cum sferele interioare nu erau vizibile, ei au presupus că sunt perfect transparente și le-au numit *sfere cristaline*, din cuvântul grecesc însemnând *transparent*. Deci răspunsul anticilor la întrebarea dacă cerul se rotește tot deodată era da, cu numai câteva excepții. Însă, așa cum vom vedea la momentul potrivit, răspunsul era complet greșit.

27. PĂMÂNTUL ESTE CENTRUL UNIVERSULUI?

Acesta este o altă întrebare despre care unii consideră că nu merită să fie pusă. Oamenilor din antichitate și din perioada medievală li se părea de la sine înțeles că Pământul este centrul universului. La urma urmei, în concepția lor întregul univers era constituit din Pământ și cer. Era clar că cerul se afla mereu deasupra, la aceeași distanță oriunde, curbându-se la fel ca și suprafața Pământului. Deci, dacă cerul se găsea în jurul Pământului, ce mai era de întrebare?

Singura incertitudine era problema planetelor. Unde se găseau ele exact, între cer și Pământ? Deoarece acestea se deplasau cu viteze diferite, grecii au presupus că o planetă este cu atât mai aproape de Pământ, cu cât se mișcă mai rapid în raport cu stelele de pe fundal. Acesta este rezultatul experienței de zi cu zi: dacă privim caii care aleargă pe un hipodrom, atunci când se găsesc pe latura depărtată par să se miște mai lent, iar când aleargă pe latura apropiată și galopează chiar pe lângă noi par să zboare ca vântul. Puteți observa același efect urmărind o cursă automobilistică. În



mod similar, un avion care zboară la înălțime mică pare să se miște rapid, iar același avion, zburând la înălțime mare cu aceeași viteză, pare să se miște foarte lent

Astfel, judecând după viteză, grecii au decis că Luna era cea mai apropiată dintre planete. Dincolo de ea se găseau în ordine Mercur, Venus, Soarele, Marte, Jupiter și Saturn. Fiecare avea propria sferă cristalină, șapte în total, iar dincolo de ele se afla a opta sferă, pe care erau prinse stelele fixe.

Era o imagine destul de drăguță, dar nu rezolva în totalitate problema planetelor. Pentru nevoile astrologiei, vechii greci aveau nevoie să cunoască mișcarea exactă a planetelor. Astrologii (majoritatea sinceri în credințele lor) au fost nevoiți să studieze foarte atent aceste mișcări și au dat astfel naștere adevăratei științe a astrelor, care este numită *astronomie*.

Chiar și oamenii preistorici studiau îndeaproape cerul. Astfel, monumentul din piatră din sud-vestul Angliei, cunoscut sub numele de Stonehenge, apărut cam prin anul 1500 î.e.n., este posibil să fi reprezentat o construcție menită prevestirii mișcărilor viitoare ale Soarelui și Lunii.

Stelele se mișcă uniform și regulat, iar dacă planetele ar fi făcut același lucru n-ar fi fost o problemă determinarea pozițiilor în care se vor afla (și n-ar mai fi existat astrologie, deoarece codul reprezentat de mișcarea lor ar fi fost prea simplu pentru a mai stârni atenția). Dar planetele nu se mișcă în mod regulat și uniform. Luna se deplasează pe o jumătate din traiectoria sa puțin mai încet decât pe cealaltă jumătate, iar Soarele face același lucru, deși diferența este ceva mai mică.

Cu celelalte planete este chiar și mai rău. Ele se mișcă în general dinspre vest spre est în raport cu stelele fixe (efect numit *mișcare directă*). Din când în când, mișcarea lor se oprește, apoi un timp se deplasează efectiv înapoi, de la est la vest (efect denumit *mișcare retrogradă*, de la cuvintele latine însemnând *pas înapoi*), după care își reiau mișcarea directă. Fiecare planetă își are propriul model de mișcare.

directă și retrogradă, și fiecare este uneori mai strălucitoare decât celelalte

Aceste modele complicau foarte mult metodele de calculare a pozițiilor viitoare ale planetelor. Unii astronomi greci au elaborat metode de a trata mișcările planetelor, bazându-se pe presupunerea că fiecare planetă se mișcă pe o sferă mai mică, al cărei centru se mișcă pe o sferă mai mare, unele având traiectoria ușor descentrată, și așa mai departe. Totul era extrem de complicat, iar sistemul era descris într-o carte scrisă cam prin anul 150 de către un astronom grec, Claudius Ptolemaeus (aprox. 100-170), cunoscut sub numele de Ptolemeu. Structura matematică a universului, cu Pământul aflat în centru și diferite sisteme de sfere în jurul lui, este numit *universul Ptolemeic* sau *universul geocentric* (de la cuvintele grecești care înseamnă *centrat pe Pământ*). Acest model a fost acceptat de aproape toată lumea timp de 1 700 de ani și nimeni n-a visat măcar să-l pună la îndoială. Cu toate acestea, era complet greșit.

28. ÎNCĂ O DATĂ, ESTE PĂMÂNTUL CENTRUL UNIVERSULUI?

Au existat câțiva gânditori îndrăzneți care au pus la îndoială modelul general acceptat, cu Pământul în centrul universului. Prima persoană despre care știm că a presupus că Pământul nu este în centrul universului, ci se mișcă prin spațiu în jurul altui obiect, care este centrul, a fost filozoful grec Philolaus (480-? î.e.n.). Cam prin anul 450 î.e.n., el a sugerat că Pământul, împreună cu celelalte planete și cu Soarele, se mișcă în jurul unui foc central invizibil, din care nu putem vedea decât reflexia lui pe suprafața Soarelui. Era doar o sugestie, nesusținută cu dovezi sau argumente logice și nimeni n-a luat-o în serios.

Un secol mai târziu, cam prin anul 350 î.e.n., un astronom grec, Heracleides (388-315 î.e.n.) a oferit o ipoteză

mai logică. El a remarcat că planetele Mercur și Venus nu se deplasau niciodată prea departe de Soare, ci se îndepărtau, reveneau, porneau în direcție opusă, iar reveneau și tot așa mai departe. De aceea el a sugerat că, de fapt, Mercur și Venus se rotesc în jurul Soarelui, iar acesta, cu cele două planete după el, se rotește în jurul Pământului. Era o ipoteză foarte rezonabilă, dar inacceptabilă pentru majoritatea astronomilor greci, care erau convinși că Pământul este în centrul universului și totul, fără excepție, se rotește în jurul lui.

Mai târziu, prin 260 î.e.n., alt astronom grec, Aristarchus (aprox. 310-230 î.e.n.), a venit cu o ipoteză și mai radicală. Ideea i-a venit în timp ce încerca să determine distanța până la Soare. Atunci când Luna este exact în faza de semilună, cele trei corpuri cerești, Soarele, Luna și Pământul se află în vârfurile unui triunghi dreptunghic (vom vorbi puțin mai târziu despre asta). Acesta este chiar tipul de triunghi cu care lucrează trigonometria, dacă sunt cunoscute cu precizie unghiurile, se pot folosi procedee trigonometrice pentru a afla de câte ori este Soarele mai departe de Pământ decât Luna. Din păcate, Aristarchus nu avea instrumente care să-i permită măsurarea precisă a unghiurilor, iar valorile estimate de el erau greșite. Cu toate astea, el a ajuns la concluzia că Soarele trebuie să fie de douăzeci de ori mai departe față de Pământ decât Luna și, deoarece pare de aceeași mărime ca Luna, rezultă că trebuie să fie de douăzeci de ori mai mare.

Pe baza acestui raționament, el a calculat că Soarele are diametrul de șapte ori mai mare decât cel al Pământului, ceea ce constituia o subestimare serioasă a situației, dar era destul pentru a-l convinge pe Aristarchus că nu poate fi decât ridicolă presupunerea că Soarele gigantic se rotește în jurul micului Pământ. De aceea a presupus că Pământul, alături de toate celelalte planete, se rotește în jurul Soarelui.

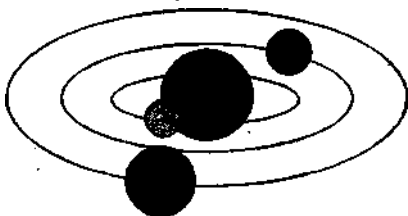
Aristarchus a fost prima persoană despre care știm că ar fi afirmat că Soarele, și nu Pământul, se află în centrul universului (această concepție este cunoscută ca *universul*

heliocentric, din cuvintele grecești *centrat pe Soare*), dar n-a avut succes Astronomii nu i-au luat ideea în serios

Cu toate astea, pe măsură ce secolele treceau, astronomii au ajuns să respingă aparatul matematic greoi care era necesar pentru a înțelege universul geocentric. În 1552, regele Alfonso al X-lea al Castiliei a dirijat elaborarea unor noi tabele planetare, numite în onoarea sa *tabelele alfonsine* și, exasperat, a spus „Dacă Domnul mi-ar fi cerut sfatul la vremea Creației, i-aș fi sugerat un sistem mai simplu pentru univers”. În secolul al XVI-lea, unui astronom polonez, Nicolaus Copernicus (1473-1543), i s-a părut că universul este mai simplu — modelul heliocentric ce fusese sugerat de Aristarchus

Aristarchus nu făcuse decât să formuleze ideea, fără să facă nimic cu ea. În schimb, Copernicus a urmat această cale și a arătat că sistemul heliocentric face calculul tabelor planetare să devină considerabil mai simplu

Copernicus a ezitat să-și publice lucrarea, deoarece știa că va avea neazuri cu conducătorii bisericii, care acceptau doar modelul geocentric, convinși că acesta este în



spiritul Bibliei. Manuscrisul lui a circulat totuși printre astronomi și în 1543, anul morții lui Copernicus, a fost în sfârșit publicat (Chiar și în modelul heliocentric, Pământul nu este complet înlăturat ca centru. Luna continuă să se rotească în jurul lui.)

Prima persoană care a folosit modelul heliocentric pentru a calcula tabelele planetare a fost un astronom german, Erasmus Reinhold (1511-1553). Acestea au fost publicate în 1551, la comanda ducelui Albert al Prusiei, motiv pentru care au fost numite *Tabulae Prutenicae* (tabelele prusace). Dar deși erau mult mai bune decât tabelele Alfonsine, deja vechi de trei secole, conservatorii tot nu s-au dat bătăuți. Majoritatea astronomilor au refuzat să abandoneze modelul



geocentric pentru că nu puteau accepta ideea că Pământul zboară prin spațiu. Unii dintre ei au afirmat că, deși modelul heliocentric produce tabele planetare mai bune, este numai o găselniță matematică drăguță, care nu înseamnă că Pământul *realmente* se mișcă în jurul Soarelui.

Disputa a continuat timp de jumătate de secol, până când Galileo și telescopul său au rezolvat-o. În 1610, el a privit spre planeta Jupiter și a constatat că telescopul o face să apară ca un glob luminos. Acest aspect a fost primul semn că Jupiter ar putea, de fapt, să fie o lume. Mai mult decât atât, planeta avea patru lumi mai mici care se roteau în jurul ei, la fel cum Luna orbitează în jurul Pământului. Aceste lumi subsidiare au fost numite *sateliți*, după cuvântul latin care denumește sicofanții din preajma oamenilor importanți. Luna era satelitul Pământului, iar Galileo tocmai descoperise patru sateliți ai lui Jupiter.

Importanța acestei descoperiri pentru acea vreme rezida în faptul că prezenta patru obiecte care în mod sigur nu se roteau în jurul Pământului, ci în jurul lui Jupiter. Asta însemna cu siguranță că Pământul nu era centru pentru *tot universul*.

Desigur, se putea argumenta că Jupiter se rotea în jurul Pământului, ducându-și cu el și sateliții, dar apoi Galileo a studiat planeta Venus. După vechea teorie geocentrică, dacă Venus era un corp întunecat, care strălucea numai datorită luminii reflectate de la Soare, poziția sa între Pământ și Soare ar fi trebuit să fie astfel încât planeta să apară mereu ca o semilună. Dacă teoria heliocentrică era corectă, atunci Venus ar fi trebuit să treacă prin toate fazele prin care trece Luna, iar Galileo a constatat că exact așa se întâmplă.

Această descoperire a confirmat justetea sistemului heliocentric. Planetele, inclusiv Pământul, se rotesc în jurul Soarelui, iar termenul de *planetă* a rămas să desemneze doar asemenea corpuri cerești. Cu alte cuvinte, Soarele nu mai era o planetă, era centrul. Luna nu mai era nici ea o planetă, pentru că se rotește în jurul Pământului. Totuși, Pământul era o planetă. În consecință existau șase planete

cunoscute care se roteau în jurul Soarelui, în următoarea ordine Mercur, Venus, Pământ (împreună cu Luna), Marte, Jupiter (cu patru sateliți) și Saturn. Împreună, toate aceste corpuri cerești au fost numite *sistemul solar* (de la *sol*, denumirea latină a *Soarelui*)

Aderenții vechiului sistem au încercat să argumenteze că tot ce se vedea prin telescop era doar o iluzie optică, dar acest lucru n-a făcut decât să stârnească râsul. În 1633, Biserica Catolică a recurs la forță și l-a obligat pe Galileo (sub amenințarea torturii), să spună că Pământul nu se mișcă. Nu existau însă dovezi pentru a mai susține această idee. Din vremea lui Galileo, imaginea sistemului solar constituit din planete (inclusiv Pământul) care se rotesc în jurul Soarelui a fost acceptată de toți oamenii instruiți.

Desigur, sistemul heliocentric mai ridică unele întrebări. Soarele pare să traverseze cerul pe o traiectorie care face un unghi în raport cu planul ecuatorului, ceea ce produce anotimpurile. Cum se explică acest lucru în sistem heliocentric? Dacă axa Pământului ar fi perpendiculară pe planul în care se rotește în jurul Soarelui, traiectoria aparentă a Soarelui pe cer ar fi exact deasupra ecuatorului. Dar axa Pământului este înclinată cu $23,5^\circ$ față de perpendiculară, iar această înclinare se menține constantă pe timpul rotației Pământului în jurul Soarelui. Asta înseamnă că pe jumătate din orbită partea nordică a axei este înclinată către Soare, astfel poziția acestuia la amiază este la nord de ecuator, iar pe cealaltă jumătate este înclinată în partea opusă, ceea ce face ca poziția Soarelui la amiază să fie la sud de ecuator. Acest lucru explică perfect aparenta înălțare și coborîre a poziției Soarelui la amiază, precum și ciclul anotimpurilor.

Diviziunile principale de măsurare a timpului pot fi acum văzute în forma lor astronomică: ziua este perioada de rotație a Pământului în jurul axei sale, luna este perioada de revoluție a Lunii în jurul Pământului, iar anul este perioada de revoluție a Pământului în jurul Soarelui.

29. POATE FI ÎMBUNĂTĂȚIT MODELUL LUI COPERNICUS?

Orice model și orice teorie științifică pot fi îmbunătățite, în știință, efortul de perfecționare este nesfârșit. De fapt, modelul lui Copernicus nu era foarte diferit de al lui Ptolemeu. Era schimbat doar centrul universului, de la Pământ la Soare, în jurul acestuia se aflau în continuare vechile sfere cristaline. În loc să înconjoare Pământul cu șase sfere cristaline, cuprinse în interiorul celei de-a șaptea, sfera stelelor fixe, el înconjura Soarele cu șase sfere cristaline, cuprinse toate în cea de-a șaptea, a stelelor, iar o altă sferă specială aparținea Lunii și se găsea dispusă în jurul Pământului. Calcularea tabelelor rămânea încă destul de complicată și, deși rezultatele erau obținute mai ușor și erau mai corecte decât înainte, rămăneau încă multe dificultăți.

Astronomul danez Tycho Brahe (1546-1601) a studiat multă vreme pozițiile planetelor. El a construit primul observator astronomic important al vremurilor moderne și a proiectat instrumente pentru determinarea poziției planetelor. Totuși, el nu avea telescoape, care nu fuseseră încă inventate. Cu toate acestea, a fost în măsură să precizeze pozițiile unor planete, în special Marte, mai bine decât oricine altcineva înaintea lui. El credea că, pe baza calculelor sale, se puteau realiza tabele planetare mai precise și, deși a murit înainte de a putea realiza aceste tabele, i-a lăsat datele moștenire discipolului său, astronomul german Johannes Kepler (1571-1630).

Kepler a lucrat ani de zile cu aceste date și n-a reușit să găsească cercurile care s-ar fi potrivit corect cu traiectoriile planetelor. Apoi și-a dat seama că folosind în locul cercurilor elipse (un fel de cercuri alungite), rezultatele se potriveaua remarcabil de bine cu traiectoria planetei Marte. Ca și cercul, elipsa are un centru și mai are două puncte, numite *focare*,

aflate de o parte și de alta a centrului, pe diametrul mare. Aceste focare sunt poziționate astfel încât suma distanțelor dintre ele și orice punct de pe elipsă reprezintă o constantă. Cu cât elipsa este mai alungită, cu atât cele două focare sunt mai depărtate de centru. Kepler a reușit să arate în 1609 că toate planetele se deplasează pe traiectorii eliptice, cu Soarele într-unul dintre focare. Cît despre Lună, ea se mișcă tot pe o elipsă, având Pământul într-un focar. Aceasta este prima lege a lui Kepler, care spune că la un capăt al drumului parcurs de o planetă (numit *orbită*, din cuvântul latin care înseamnă *cerc*, deși nu este de fapt un cerc), aceasta se află mai aproape de Soare decât la celălalt capăt, iar Luna este mai aproape de Pământ la un capăt al orbitei sale decât la celălalt. Prima lege a lui Kepler a eliminat în sfârșit noțiunea de sfere cristaline, care făcuse parte din astronomie timp de două mii de ani.

Kepler a pus la punct și o metodă de calculare a variației vitezei de deplasare a planetelor, în funcție de distanța până la Soare. Conform acestei relații matematice (legea a doua a lui Kepler), planetele se mișcă cu atât mai rapid cu cât se află mai aproape de Soare. Apoi, în 1619, Kepler a elaborat o relație matematică din care rezultă cât timp durează o rotație completă în jurul Soarelui, în cazul unei planete aflate la o anumită distanță de Soare (legea a treia a lui Kepler). Aceste legi ale mișcărilor planetare au permis construirea unui model al sistemului solar, care arăta pe ce tip de elipsă se mișcă fiecare planetă și cum sunt legate una de cealaltă distanțele față de Soare.

Desigur, oamenii au început să se întrebe: dacă sferele cristaline nu există, ce ține planetele pe orbitele lor? De ce nu hoinăresc pur și simplu prin spațiu? Răspunsul la această dilemă a fost dat de savantul englez Isaac Newton (1642-1727), care a formulat legile mișcării și o teorie a gravitației universale. El a arătat că fiecare obiect din spațiu atrage toate celelalte obiecte, conform unei relații matematice simple, o formulă care se corela cu legile lui Kepler și explica ce ține planetele pe orbitele lor. Imaginea sistemului

solar așa cum a fost ea trasată de Kepler este, în esența ei, cea folosită și astăzi, iar savanții sunt destul de satisfăcuți de faptul că nici în viitor nu se întrevește necesitatea unor schimbări majore

30. CUM S-A FORMAT PĂMÂNTUL?

Acum, dacă avem o imagine clară a modului cum este alcătuit sistemul solar, ne putem întreba cum s-a format Pământul. De fapt, nu putem analiza apariția Pământului separat pentru că, așa cum vom vedea mai departe, nu se putea forma decât ca o parte a întregului sistem solar. Deci, ce s-a întâmplat acum 4,6 miliarde de ani și a dus la apariția Pământului — și a sistemului solar în general?

Unul dintre cei care și-au pus această întrebare fără să se refere la vechea poveste biblică (pentru care, desigur, nu există dovezi științifice) a fost naturalistul francez Georges Louis de Buffon, cel despre care am spus mai sus că evaluase vârsta Pământului la 75 000 de ani. În 1749, Buffon a ajuns la concluzia că planetele, inclusiv Pământul, sunt legate de gigantul Soare ca și puii de cloșcă. De aceea, el a sugerat că Pământul ar putea fi născut din Soare.

Buffon și-a imaginat coliziunea Soarelui cu un alt corp masiv și a apreciat că impactul a smuls cumva din Soare o bucată, care s-a răcit și a devenit Pământul. Ideea era interesantă, dar nu explica existența celorlalte planete și nici apariția Soarelui, presupunea doar că Soarele exista pur și simplu.

Era nevoie de o explicație mai bună. După ce Kepler a făcut publică imaginea sa despre sistemul solar, a devenit clar că acesta avea o structură oarecum unitară. Toate planetele se mișcau aproape în același plan (astfel încât întregul model al sistemului solar putea fi închis într-o gigantică cutie de pizza) și toate evoluau în jurul Soarelui în aceeași direcție, la fel ca Luna în jurul Pământului și sateliții

în jurul lui Jupiter. În plus, toate se roteau în același sens în jurul axelor proprii, la fel ca și Soarele. Astronomii au presupus că elementele sistemului solar n-ar fi prezentat asemenea similitudini dacă nu s-ar fi format, ca să spunem așa, în același loc.

Prima ipoteză care aborda formarea sistemului solar, nu doar a Pământului separat, a apărut ca rezultat al constatării că în spațiu mai există și altceva, în afară de stele. În 1611, chiar la începuturile telescopului, astronomul german Simon Marius (1573-1624) a descoperit o dâră slab luminoasă, aflată în constelația Andromeda. Aceasta a fost numită *Nebuloasa Andromeda* (*nebula* înseamnă în limba latină *nor*). Mai târziu, în 1694, Huygens (inventatorul ceasului cu pendul) a descoperit și el o dâră ușor luminoasă, aflată în constelația Orion. *Nebuloasa Orion*. Ulterior au mai fost localizate și alte nebuloase.

A apărut atunci posibilitatea ca acești nori luminoși să fie vaste aglomerări de praf stelar și gaze, care nu s-au condensat încă, iar stelele să nu fi fost inițial altceva decât astfel de nebuloase. În 1755, filozoful german Immanuel Kant (1724-1804) a publicat o carte în care sugera tocmai acest lucru. El considera că nebuloasele se adunau încet, sub efectul propriei forțe gravitaționale, rotindu-se în timp ce se micșorează.

Porțiunile centrale deveneau astfel stele, iar cele aflate la exterior

dădeau naștere planetelor. Această ipoteză părea să explice de ce toate planetele se mișcă în același plan, iar mișcărilor lor de revoluție și de rotație au același sens.

În 1798, astronomul francez Pierre Simon de Laplace (1749-1827), care probabil nu știa despre lucrarea anterioară a lui Kant, a prezentat într-o carte aceeași idee, intrând în mai multe detalii. El a descris nebuloasa contractându-se lent, iar pe măsură ce se contractă mișcarea sa de rotație devine tot mai rapidă. Laplace n-a avut nevoie să inventeze toate astea, contracția era rezultatul atracției gravitaționale,



ale cărei efecte erau cunoscute din sistemul solar, iar accelerarea rotirii nebuloasei pe măsură ce se contractă decurge din *legea conservării momentului unghiular*, un efect pe care îl cunoaște orice patinator care, făcând o piruetă și apropiind brațele de corp, constată că viteza de rotație crește

Pe măsură ce nebuloasa se contractă și se rotește tot mai rapid, zonele centrale se distanțează și se desprind. Și acesta este un fenomen cunoscut, *efectul centrifugal*, bine cunoscut din experimentele de pe Pământ. Laplace și-a imaginat că porțiunile care se desprind, se contractă și devin planete. Zonele centrale continuă să se contracte și ele, formând alte și alte planete, care se rotesc toate în aceeași direcție. În final, ceea ce rămâne din zona centrală devine un soare. Deoarece Kant și Laplace au pornit raționamentul lor de la o nebuloasă care se contractă, această concepție privind formarea sistemului solar este numită *ipoteza nebulară*. (O ipoteză este o sugestie care nu are dovezi puternice să o susțină, cum are o teorie.)

Timp de un secol, astronomii au fost mai mult sau mai puțin satisfăcuți de această ipoteză nebulară, dar treptat au început să fie tot mai nemulțumiți. Necazul provenea de la problema *momentului unghiular*. Acesta măsoară cantitatea de rotație a unui obiect, datorată parțial rotirii în jurul propriei axe și parțial revoluției în jurul altui obiect. Planeta Jupiter, învârtindu-se în jurul propriei axe și rotindu-se în jurul Soarelui, are un moment de rotație de treizeci de ori mai mare decât Soarele, care este un corp ceresc mult mai mare. Toate planetele luate împreună au momentul de rotație de aproape cincizeci de ori mai mare decât al Soarelui. Dacă sistemul solar a fost la început un nor de praf cu un anumit moment unghiular, cum de s-a concentrat acesta aproape în întregime în micile bucăți de materie din care s-au format planetele? Astronomii n-au putut găsi un răspuns și de aceea au început să caute o explicație.

În 1900, doi savanți americani, Thomas Chrowder Chamberlin (1843-1928) și Forest Ray Moulton (1872-1952)

au revenit la o versiune a ideii lui Buffon. Ei au sugerat că prin apropierea Soarelui a trecut cu mult timp în urmă o stea, iar atracția gravitațională a smuls materie din fiecare dintre ele. Când stelele s-au îndepărtat, atracția gravitațională a generat o mișcare de rotire și a făcut ca planetele să primească un moment unghiular mare. După separarea finală, materia s-a condensat în obiecte solide mici, numite *planetesimale*, iar acestea, prin coliziuni ulterioare, s-au combinat formând planete. Această explicație a fost numită *ipoteza planetesimală*.

Una dintre diferențele dintre cele două teorii este deosebit de importantă. Dacă ipoteza nebulară este corectă, atunci orice stea s-ar putea forma cu planete. Dacă este corectă ipoteza planetesimală, atunci numai stelele care au trecut recent printr-o coliziune ar putea avea planete, iar stelele sunt atât de depărtate și se mișcă atât de încet unele în raport cu altele, încât coliziunile apropiate trebuie să fie foarte, foarte rare. Rezultă deci că diferența constă în foarte, foarte multe sisteme planetare în ipoteza nebulară și foarte, foarte puține în cazul ipotezei planetesimale.

S-a întâmplat ca ipoteza planetesimală să nu supraviețuiască nici ea prea mult. În anii douăzeci ai secolului nostru, astronomul britanic Arthur Stanley Eddington (1882-1944) a arătat că interiorul Soarelui este mult mai fierbinte decât s-ar fi așteptat cineva (Vom vorbi mai mult despre asta mai târziu). Materia proiectată în afară de Soare (sau de orice altă stea) este mult prea fierbinte și nu se poate condensa în planete, ci se împrășteie în spațiu. Astronomul american Lyman Spitzer Jr. (născut în 1914) a demonstrat convingător acest lucru în 1939.

În anul 1944, astronomul german Carl Friedrich von Weizsacker (născut în 1912) a revenit la ipoteza nebulară, dar a îmbunătățit-o. El a descris în cadrul nebuloasei principale dezvoltarea unor turbioane, care formează inițial planetesimale și apoi planete. Pentru a explica transferul momentului unghiular de la Soare spre planete, astronomii

au luat în considerare efectele electromagnetice din interiorul nebuloasei (fenomene care nu erau cunoscute pe vremea lui Laplace)

Printre altele, formarea planetelor din planetesimale explică și căldura interioară a Pământului. Planetesimalele se mișcă rapid și au o energie cinetică enormă, iar atunci când se adună la un loc se opresc, iar energia cinetică se transformă în căldură. Până la formarea unei planete se acumulează o enormă cantitate de energie prin reducerea vitezei de mișcare, motiv pentru care nucleul poate avea temperaturi de ordinul a $5\,000^{\circ}\text{C}$. Desigur, cu cât planeta este mai mare, cu atât mai multă energie cinetică s-a transformat în căldură în procesul formării sale și deci nucleul trebuie să fie cu atât mai fierbinte. Cu cât planeta este mai mică, cu atât energia cinetică deținută de planetesimalele sale este mai redusă, deci și centrul ei rămâne mai rece. Astfel, Luna este indubitabil mai rece de $5\,000^{\circ}\text{C}$ la centru, deoarece este mai mică decât Pământul, iar Jupiter, care este mai mare decât Pământul și constituie cea mai mare planetă a sistemului solar, trebuie să fie considerabil mai fierbinte. Unele estimări plasează centrul planetei Jupiter la temperaturi de $50\,000^{\circ}\text{C}$. Pentru moment, noua versiune a ipotezei nebulare pare să fie destul de satisfăcătoare.

31. PĂMÂNTUL ESTE UN MAGNET?

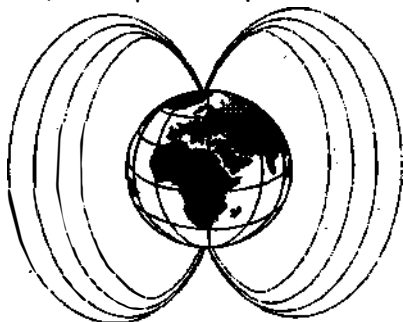
Din moment ce ne-am referit la fenomene electromagnetice legate de formarea sistemului solar, s-ar părea că și corpurile cerești care intră în compunerea lui au proprietăți magnetice. Este oare posibil în acest caz ca Pământul să fie un magnet? Într-adevăr, savanții sunt de secole uimiți de acest lucru.

Prima persoană despre care știm că a încercat să descrie proprietatea unor substanțe de a atrage fierul a fost Thales,

în anul 550 î.e.n. El s-a referit la o bucată de rocă găsită lângă Magnesia, în Asia Minor, de unde provine și numele de *magnet*. Magneții au rămas doar o curiozitate a naturii până când chinezii au descoperit că orice ac magnetizat se orientează invariabil, dacă poate, pe direcția nord-sud. În 1180, învățatul englez Alexander Neckam (1157-1217) a menționat o astfel de busolă magnetică. Acest instrument a ajuns să fie folosit pentru a călăuzi navele peste ocean și a dus la marea epocă a explorărilor europene, începută cam prin anul 1420.

În 1269, un învățat francez, Petrus Peregrinus (aprox. 1240-?) a fost primul care a studiat sistematic magneții. Printre altele, el a descoperit că fiecare magnet are doi poli cu proprietăți magnetice opuse — numiți de regulă *polul nord magnetic* și *polul sud magnetic*. Polul nord al unui magnet atrage polul sud al altuia, în timp ce doi poli nord sau sud se resping reciproc.

Dar de ce să indice spre nord polul nord al unui magnet? Oare Pământul este un gigantic magnet? Această posibilitate a fost investigată de un savant englez, William Gilbert (1544-1603), care a studiat o sferă din magnetită,



substanța studiată inițial de Thales. În anul 1600, el a publicat o carte în care descria comportamentul unei busole magnetice în vecinătatea sferei magnetice și arăta că se comportă exact la fel ca și în raport cu Pământul. Se părea deci că Pământul trebuie să fie un magnet.

Dar de ce? Una dintre posibilități era ca în centrul Pământului să existe o bucată gigantică de substanță magnetizată, orientată nord-sud, iar când oamenii au început să speculeze asupra nucleului din fier al Pământului, se părea că s-a găsit răspunsul. Totuși, în 1895, Pierre Curie a descoperit că fierul își pierde proprietățile magnetice la

temperaturi mai mari de 760°C și, din moment ce este foarte probabil ca temperatura Pământului să depășească această valoare, este evident că miezul nu este un magnet, în sensul obișnuit al termenului

Cu toate astea, fierul lichid este bun conducător de electricitate, iar dacă se rotește, atunci curentul electric care-l parcurge va da naștere unui câmp magnetic. Pământul ar putea astfel să fie, de fapt, nu un magnet obișnuit, ci un *electromagnet*. În 1939, geofizicianul american de origine germană Walter Maurice Elsässer (născut în 1904) a sugerat faptul că rotația Pământului ar putea produce mișcări turbionare în nucleu, care ar genera un câmp magnetic.

Deși această idee este acceptată în general și acum, există unele probleme. Polii magnetici ai Pământului nu se află la polii geografici, ci la o distanță de aproximativ 1 600 de kilometri. Dacă se trage o linie de la polul nord magnetic, prin corpul planetei, la polul sud magnetic, aceasta *nu* trece prin centrul Pământului. Mai mult, polii magnetici se deplasează lent, iar intensitatea câmpului magnetic se modifică în timp. De fapt, există momente când câmpul scade la zero, apoi își schimbă sensul și crește iarăși. Există încă multe lucruri pe care nu le știm despre mecanismul intim al magnetismului terestru.

32. PĂMÂNTUL ESTE O SFERĂ PERFECTĂ?

Pe măsură ce aflăm tot mai multe despre Pământ, putem pune întrebări tot mai detaliate. De pildă, savanți au știut timp de peste 2 500 de ani că Pământul este o sferă, dar este oare o sferă perfectă?

De ce n-ar fi? Dacă Pământul este o sferă datorită faptului că atracția gravitațională comprimă substanța cât mai aproape posibil față de centru, atunci ar trebui într-adevăr

să fie o sferă perfectă. Pe lângă asta, Soarele se profilează mereu pe cer ca un cerc perfect, la fel și Luna, ceea ce înseamnă că aceste corpuri cerești sunt sfere perfecte.

Prima dovadă care a contrazis această idee a fost aspectul lui Jupiter și al lui Saturn, văzute prin telescop la începutul secolului al XVII-lea. Ambele păreau să aibă mai degrabă un aspect eliptic decât circular, iar în timp ce se roteau își mențineau aceeași formă. Mai mult decât atât, diametrul cel mai mare al elipsei planetare părea să fie în aceste două cazuri cel corespunzător ecuatorului planetelor respective, ceea ce însemna că ambele erau un fel de sfere mai bombate la ecuator și turtite la poli. Asemenea formă se numește *sferoid*¹.

Dar de ce să fie Jupiter și Saturn sferoizi?

Răspunsul a apărut abia când Newton a enunțat legile mișcării și a abordat problema în 1687. Fiecare particulă a unei planete este forțată să se rotească atunci când planeta se rotește în jurul propriei axe, deși tendința naturală a oricărui obiect aflat în mișcare este să-și continue mișcarea de-a lungul unei linii drepte. Apare deci un compromis: planeta se rotește, iar suprafața ei se bombează, de parcă ar avea tendința să nu se rotească, ci să se miște pe o traiectorie rectilinie. Acesta este *efectul centrifugal* (de la expresia latină însemnând *a zbura din centru*), fenomen ce a fost studiat în detaliu pe Pământ. Cu cât un obiect se rotește mai repede, cu atât se bombează mai mult.

În timp ce planeta se rotește, porțiunile de scoarță aflate în apropierea polilor se mișcă pe cercuri foarte mici, deci viteza lor de deplasare este redusă și de aceea nu tind să se depărteze de axă. Pe măsură ce ne depărtăm de pol, punctele de pe scoarță descriu în același interval de timp cercuri tot mai mari. Din acest motiv viteza lor de deplasare este mai mare și tind tot mai mult să se depărteze de axă, iar acest efect este maxim la ecuator. Astfel se produce o

¹ *Sferoid*: corp obținut prin rotirea unei elipse în jurul unui diametru, de regulă cel mai scurt (n.t.)



bombare a oricărei planete care se rotește, efect manifestat mai puternic la ecuator

Amploarea bombării ecuatoriale a unui corp ceresc depinde de viteza de rotație la suprafață și de forța cu care atracția gravitațională se opune deformării. Luna, Venus și Mercur se rotesc atât de lent, încât efectul de bombare este nesemnificativ în cazul lor. Pe de altă parte, Soarele se rotește destul de repede, astfel încât un punct de pe ecuatorul său se deplasează cu viteza de 13 600 de kilometri pe oră, dar atracția lui gravitațională este atât de intensă, încât nu se produce nici în acest caz o bombare semnificativă.

Jupiter și Saturn sunt foarte mari în raport cu Pământul, însă se rotesc mai rapid în jurul axelor proprii, Jupiter se rotește în ceva mai puțin de zece ore, iar Saturn, deși este de dimensiuni puțin mai mici, are o perioadă de rotație ceva mai mare de zece ore. Un punct aflat pe ecuatorul lui Jupiter se deplasează cu 45 765 de kilometri pe oră, iar unul de pe ecuatorul lui Saturn cu 36 850 de kilometri pe oră. Mișcarea punctelor de pe suprafață este mai rapidă decât în cazul Soarelui, iar atracția gravitațională a acestor planete este mai redusă și nu poate opune suficientă rezistență forței centrifuge. De aceea ambele planete au o bombare pronunțată la ecuator. Suprafața lui Saturn se mișcă ceva mai lent decât cea a lui Jupiter, dar și are și gravitația mai redusă, motiv pentru care bombarea sa este mai accentuată.

Dar dacă acest lucru este valabil pentru Jupiter și Saturn, nu cumva se aplică similar și în cazul Pământului? Mișcarea de rotație a Pământului



este mai rapidă decât a Lunii, a lui Mercur și a lui Venus. Viteza de deplasare a unui punct de pe ecuatorul terestru este de 1 670 de kilometri pe oră, mult mai mică decât vitezele ecuatoriale ale lui Jupiter și Saturn, dar atracția gravitațională terestră este și ea mult mai redusă. Newton

a ajuns la concluzia că turtirea Pământului trebuie să fie destul de mare pentru a putea fi măsurată.

Această teorie putea fi verificată prin măsurarea cu precizie a curburii Pământului în diferite puncte. Dacă Pământul era o sferă perfectă, atunci curbura sa trebuia să fie aceeași peste tot; dacă însă era un sferoid, trebuia să fie mai curbat la ecuator decât la poli. În 1736, o expediție franceză condusă de Pierre Louis de Maupertuis (1698-1759) a măsurat curbura Pământului la Lapland, aproape de Polul Nord. În același timp, o altă expediție franceză sub conducerea lui Charles de La Condamine (1701-1774) s-a deplasat în Peru, în apropierea ecuatorului, pentru a măsura și acolo curbura Pământului. S-a dovedit că Newton avea dreptate. Pământul are o bombare ecuatorială, deși nu prea mare. Diametrul ecuatorial este de 12.756 kilometri, în timp ce diametrul polar este de 12 713 kilometri. Diferența este de 43 de kilometri. Cu alte cuvinte, Pământul este o sferă aproape perfectă, dar nu chiar perfectă.

În 1959, un satelit numit *Vanguard I* a fost plasat de către Statele Unite pe o orbită circumterestră. După traiectoria sa precisă în jurul planetei, s-a putut calcula că bombarea ecuatorială este cu 7,6 metri mai mare la sud de ecuator decât la nord. S-a anunțat atunci această știre ca o dovadă a faptului că Pământul are „formă de pară”, adică cu jumătatea de sud mai mare decât cea de nord. Expresia era destul de nepotrivită, pentru că diferența de diametru este măsurabilă numai în condiții speciale de precizie. De fapt, chiar și bombarea ecuatorială este prea mică pentru a fi perceptibilă vizual, iar pentru oricine privește Pământul din spațiu, acesta apare ca o sferă perfectă. Afirmatia că Pământul are „formă de pară” i-a făcut pe unii oameni să creadă că, văzut din spațiu, Pământul arată ca o pară Bartlett¹, imagine nemaipomenit de falsă a realității. Din fericire, expresia a fost repede uitată.

¹ *Bartlett* (în original): varietate de pere mari, galbene și zemoase, al căror nume provine de la creatorul lor, Enoch Bartlett din Dorchester (n.t.)

33. DE CE LUNA ÎȘI SCHIMBĂ FORMA?

A sosit timpul să ne îndreptăm atenția spre alte părți ale universului. Vechii greci au intuit foarte corect că, dintre toate obiectele de pe cer, Luna este cel mai apropiat, așa că pare potrivit să ne ocupăm de ea în continuare.

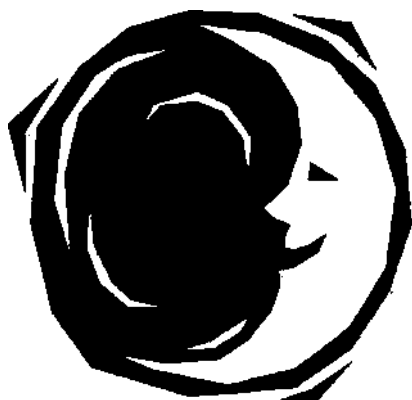
Luna este singurul obiect permanent de pe cer care-și schimbă vizibil forma de la noapte la noapte. Soarele arată mereu ca un disc luminos ce strălucește orbitor. Celelalte planete și stele sunt doar niște puncte sclipitoare. Unele comete au într-adevăr forme ciudate și schimbătoare, dar nu sunt vizibile permanent pe cerul nopții. (Voi vorbi despre ele mai târziu în această carte.)

Totuși, Luna trece printr-o serie de schimbări repetitive, continue și progresive. În anumite nopți, Luna apare la orizontul vestic, îndată după apusul Soarelui, cu aspectul unui corn foarte subțire. Se deplasează apoi de la noapte la noapte către est, iar cornul devine tot mai plin. Cam într-o săptămână ajunge un semicerc luminos și continuă să crească, până când, după încă o săptămână, devine un cerc complet luminos. Apoi începe să descrească. O săptămână mai târziu ajunge iar un semicerc (dar de data asta este luminată cealaltă parte a cercului) și, în final, după încă o săptămână ajunge să arate ca un corn subțire pe cerul estic, vizibil înainte de răsăritul Soarelui. După aceea dispare pentru două nopți și apoi întregul ciclu se reia.

Apare firească ideea că Luna este ca o ființă vie: se naște, crește, ajunge la dimensiunea sa maximă, apoi se stinge și moare, trecând prin toate aceste etape în timp de o lună. Chiar și în zilele noastre vorbim despre cornul subțire de pe cerul vestic numindu-l *lună nouă*, iar discului luminos de la mijlocul ciclului îi spunem *lună plină*. Așa

cum am arătat mai înainte, acest ciclu de faze ale Lunii au dus la alegerea *lunii* ca unitate de măsură a timpului, aflată la baza primelor calendare. Dar de ce se produc aceste faze? Chiar se naște o Lună nouă în fiecare lună? Filozoful grec Thales, nu era de această părere, iar înaintea lui astronomii babilonieni nu credeau nici ei asta.

Acest scepticism era motivat de luarea în considerare a poziției Lunii față de Soare pe timpul unui ciclu. La început, părea firească presupunerea că regulile care guvernează lucrurile pe Pământ sunt total diferite de cele care acționau în cer. Pe Pământ, totul cădea, în cer, totul se mișca în cerc. Pe Pământ, totul se



schimba și decădea, în cer, totul părea veșnic și imuabil. Materia Pământului era întunecată, în cer, orice obiect strălucea mereu. Dacă materialul din care era făcută Luna ar fi strălucit mereu, ca Soarele, planetele și stelele, atunci ea ar fi arătat întotdeauna ca un disc luminos. Din moment ce nu arăta așa în permanență, atunci fie creștea și se micșora în timp de o lună, fie nu strălucea mereu. Dacă însă Luna era, de fapt, la fel de întunecată ca și Pământul și strălucea doar reflectând lumina Soarelui, atunci lumina ar fi putut fi reflectată de diferite părți ale ei, în funcție de poziția sa în raport cu Soarele.

De pildă, dacă Luna se află cam între Pământ și Soare, atunci este luminată doar partea opusă nouă și nu o putem vedea. Totuși, Luna se mișcă de la vest înspre est de douăsprezece ori mai repede decât Soarele, așa că în noaptea următoare se va afla puțin mai la est față de Soare și deci vom putea vedea doar un corn subțire luminos, de

pe partea ei vestică Arată ca o seceră îngustă Pe măsură ce Luna continuă să se miște către est, vom vedea tot mai mult din partea ei luminată, iar cornul se îngroașă

Atunci când se găsește la sfertul drumului pe care îl parcurge pe cer în comparație cu Soarele, zona ei de vest este luminată și vedem un semicerc strălucitor sau o *semilună* Aceasta continuă să crească până când Luna se găsește pe cer în poziția opusă Soarelui Atunci Soarele strălucește, ca să spunem așa, peste umărul Pământului și luminează întreaga suprafață a Lunii care se află spre noi, așa că vedem lună plină

Apoi Luna începe să se apropie iar de Soare și porțiunea luminată pe care o putem vedea se reduce din nou După o săptămână, doar jumătatea de est mai este luminată și continuă să scadă, devenind ca o seceră Apoi Luna depășește Soarele și întregul ciclu se reia Orice persoană care analizează cu atenție această situație va ajunge la concluzia că Luna, ca și Pământul, este un corp întunecat care strălucește doar prin reflectarea luminii de la Soare

34. PĂMÂNTUL STRĂLUCEȘTE?

Dacă Luna este un corp întunecat, care strălucește reflectând lumina solară, atunci n-ar putea și Pământul, care este tot un corp întunecat, să reflecte și el lumina Soarelui? Pare o presupunere rezonabilă, dar oamenii o acceptau totuși cu greu, agățându-se de ideea că lucrurile pe Pământ sunt fundamental diferite de situația din cer Cum ar putea Pământul să strălucească la fel ca un obiect ceresc, dacă el nu este așa ceva?

Desigur, cea mai bună cale de a afla dacă Pământul strălucește ca Luna ar fi să mergem departe în spațiu și să privim înapoi spre Pământ de la distanță mare Dar acest lucru n-a fost posibil până în anii șaiszeci din secolul nostru,

iar până atunci problema trebuia clarificată de pe suprafața Pământului

Rezolvarea a fost destul de neobișnuită. Uneori, atunci când Luna este ca un corn subțire, se poate vedea vag și roșiatic restul discului selenar. Este chiar Luna și nu alt corp ceresc, deoarece pe Lună există detalii care se observă și pe structura roșiatică. Oamenii numesc acest efect „Luna veche în brațele Lunii noi” și multă vreme nimeni n-a fost în stare să-i găsească o explicație plauzibilă. Cam prin anul 100 î.e.n., filozoful grec Posidonius (aprox 135-50 î.e.n.) credea că Luna este parțial transparentă și că puțină lumină solară se scurge prin ea. Cam prin 1550, matematicianul german Erasmus Reinhold a sugerat că Luna n-ar fi complet întunecată, ci slab fosforescentă, lucru vizibil când Soarele n-o luminează.

Să presupunem însă că Pământul reflectă lumina solară, la fel ca Luna.

Atunci când Luna are forma unei seceri subțiri, ea se găsește aproape exact între noi și Soare, așa că vedem doar puțin din suprafața ei luminată, de-a lungul unei muchii. Totuși, dacă v-ați afla pe Lună în acest timp, ați vedea Soarele strălucind, ca să spunem așa, peste umărul Lunii, și luminând întreaga suprafață a Pământului care se află spre Lună. Pe scurt, atunci când de pe Pământ vedeți o lună nouă, de pe Lună ați vedea un *Pământ plin*. (De fapt, dacă Pământul strălucește la fel ca Luna, reflectând lumina Soarelui, atunci fazele lui, văzute de pe Lună, trebuie să fie exact invers decât cele ale Lunii, văzute de pe Pământ.)

Când este lună nouă, suprafața îndreptată către noi nu primește lumină de la Soare, dar pe cerul Lunii este Pământ plin. Pământul este mai mare decât Luna și, datorită norilor din atmosfera sa, reflectă mai multă lumină decât Luna. În general, Pământul plin văzut de pe Lună este de șaptezeci de ori mai luminos decât luna plină văzută de pe Pământ.

Fața neluminată a Lunii primește astfel lumină reflectată de pe Pământ. Deși mult mai slabă decât a Soarelui, lumina Pământului este suficientă pentru a ilumina observabil fața

întunecată a Lunii, permițându-ne s-o zărim în nopțile cu lună nouă Galileo a fost primul care a propus această explicație pentru „luna veche în brațele lunii noi”, și era atât de logică, încât de atunci nu s-a mai îndoit nimeni de adevărul ei

35. DE CE EXISTĂ ECLIPSE DE SOARE ȘI DE LUNĂ?

Uneori, la intervale mari de timp, Soarele este acoperit treptat de ceva întunecat Lumina lui începe să scadă, iar uneori ajunge să arate ca o seceră subțire și apoi dispare complet Acolo unde cu numai câteva clipe mai devreme se afla Soarele, rămâne pe cer doar un glob întunecat, înconjurat de o lumină sifedie Pământul se întunecă, începe să sufle un vânt rece, păsările adorm, iar uneori ființele omenești sunt cumplit de înspăimântate Ce se întâmplă? Presupunerea firească este că un balaur sau dragon cosmic a înghițit Soarele ce nu va mai străluci vreodată, că asupra Pământului se vor așterne frigul perpetuu și întunecul veșnic, iar ființele, inclusiv oamenii, vor pieri Însă nu se întâmplă niciodată așa ceva, după câteva minute Soarele apare iar, începând cu partea care s-a întunecat prima Devine apoi tot mai mare, iar după puțină vreme strălucește în toată splendoare sa

De fapt, ce s-a întâmplat?

Aspectul cel mai important a fost observat probabil pentru întâia dată de către astronomii babilonieni pe timpul eclipselor de Soare, cerul se întunecă, apar stelele, dar Luna nu se vede niciodată Asta pentru că eclipsele de Soare au întotdeauna loc în perioadele de lună nouă, atunci când Luna trece de Soare de la vest spre est Acesta este răspunsul Luna trece prin fața Soarelui și îl acoperă, așa că nu-l mai putem vedea Apoi trece mai departe, iar Soarele apare iarăși

De ce nu se produce în acest caz câte o eclipsă de Soare la fiecare lună nouă? De ce nu avem o eclipsă în fiecare lună?

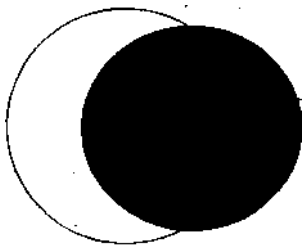
Pentru că Soarele și Luna nu se mișcă exact pe aceeași traiectorie pe cer. Cele două orbite formează între ele un mic unghi, iar atunci când Luna trece de Soare, îl depășește de regulă puțin pe deasupra sau pe dedesubt. Luna trece prin fața Soarelui numai atunci când ambele corpuri cerești se află simultan într-unul din punctele în care traiectoriile se intersectează.

Există două astfel de puncte de intersecție, numite *noduri*, aflate la extremitățile opuse ale cerului, iar atunci când se produce o asemenea întâlnire, pe Pământ se poate observa o eclipsă de Soare.

Atunci când Luna trece prin dreptul Soarelui, umbra ei este proiectată pe suprafața Pământului. (Ca orice obiect solid aflat în calea luminii și lipsit de lumină proprie, Luna produce și ea o umbră.) Dimensiunile acestei umbre sunt atât de mici, încât acoperă numai o parte din suprafața Pământului. De regulă atinge cam 160 kilometri în diametru sau chiar mai puțin, ceea ce înseamnă că, deși vedeți Soarele dispărând complet, oamenii aflați la numai câțiva kilometri distanță vor vedea cum Luna acoperă doar o parte din suprafața Soarelui (o eclipsă parțială), iar cei care se găsesc mai departe nu vor asista la nici o eclipsă. Pe măsură ce Luna se mișcă, umbra se deplasează pe suprafața Pământului și nu acoperă nici un punct pentru mai mult de șapte minute.

Soarele și Luna par să-și schimbe mereu dimensiunile, în funcție de locul unde se află pe cer. Întrucât Luna pare, în general, puțin mai mică decât Soarele, uneori nu-l acoperă total atunci când trece direct prin fața lui. În acest caz se poate vedea un inel strălucitor de lumină în jurul discului întunecat al Lunii. Efectul poartă numele de *eclipsă inelară*.

De îndată ce astronomii au înțeles cum se mișcă Soarele și Luna pe orbitele lor, au fost în măsură să prezică





producerea eclipselor Aceasta era una dintre ocupațiile cele mai importante ale vechilor astronomi, deoarece oamenii trebuiau pregătiți pentru o eclipsă, pe care o considerau de obicei ca fiind un mesaj de la zei Prezicerea cu exactitate a eclipselor era o afacere bună, pentru că îi făcea pe astronomi să pară interpreți pricepuți ai voinței zeilor

Babilonienii au descoperit cum să anticipeze eclipsele, iar grecul Thales, a învățat trucul de la ei Se spune despre el că a prezis că în Asia Mică avea să se producă o eclipsă de Soare în anul 585 î.e.n. și a avut dreptate De fapt, armatele a două țări din zonă, Media și Lydia se pregăteau să înceapă bătălia atunci când s-a produs eclipsa Cele două armate au fost atât de înspăimântate de acest semn rău, încât s-au grăbit să încheie pace și au revenit acasă fără să fi luptat Astronomii din zilele noastre au făcut calculul invers, pentru a afla data exactă a eclipsei, care s-a produs în 28 mai 585 î.e.n. Astfel, bătălia anulată este primul eveniment din istoria umanității a cărui dată este cunoscută cu precizie

Uneori este eclipsată și Luna Acest lucru se întâmplă doar în perioadele de lună plină, atunci când Soarele este pe o parte a Pământului, iar Luna în partea opusă Dacă am înțeles cum se produc eclipsele de Soare, nu este greu nici cu cele de Lună, ele au loc deoarece Luna trece prin conul de umbră al Pământului

Pământul este cu mult mai mare decât Luna, așa că umbra lui este și ea considerabil mai mare De fapt, umbra Pământului poate acoperi întreaga suprafață selenară (care este mai mică decât cea terestră), producând o eclipsă de lună pe care o poate vedea oricine se află pe emisfera terestră îndreptată în acel moment spre Lună Durata eclipselor de lună este mai mare decât a celor de Soare

Eclipsele de lună nu se produc nici ele la fiecare lună plină, pentru că orbitele Soarelui și Lunii sunt ușor diferite De regulă, umbra Pământului trece pe deasupra sau pe dedesubtul lunii pline Numai atunci când Soarele este la un nod, iar Luna la celălalt, se produce o eclipsă Aceste

fenomene pot fi și ele prevăzute și, de fapt, există unii care consideră că străvechiul ansamblu din piatră aflat la Stonehenge a fost construit astfel ca să permită prevestirea momentelor de producere a eclipselor

36. LUNA SE ROTEȘTE?

Vorbind despre „luna veche în brațele lunii noi” am menționat desenele de pe fața Lunii, care se văd cel mai clar atunci când este lună plină. Aceste semne i-au uimit întotdeauna pe oameni și unii dintre ei au început să-și imagineze că văd ființe umane, binecunoscutul „om din Lună”, în timp ce alții vedeau iepuri, crabi sau alte forme.

Pentru vechii învățați, care credeau în imuabilitatea și perfecțiunea corpurilor cerești, petele de pe Lună erau o enigmă. Ele n-ar fi trebuit să existe, Luna trebuia să fie numai lumină, ca și Soarele. O explicație ingenioasă era că Luna, fiind corpul ceresc cel mai apropiat de Pământ, a ajuns să absoarbă din petele și imperfecțiunile Pământului.

Totuși, orice ar fi fost acele pete, ele rămâneau mereu vizibile și nu-și schimbau niciodată pozițiile. Acest lucru părea să indice că Luna are întotdeauna aceeași față orientată spre Pământ și nu se rotește în jurul axei proprii. Desigur, acest lucru nu este adevărat. Mai precis, Luna are mereu îndreptată spre Pământ aceeași față, dar cu toate acestea se rotește.

Să presupunem însă că nu s-ar roti. Să zicem că ar evolua în jurul Pământului astfel încât să-și mențină o față orientată mereu către o stea oarecare. Asta înseamnă că într-un anumit punct de pe orbita Lunii, steaua s-ar găsi pe aceeași direcție cu Pământul — mult mai departe, desigur — iar Luna ar avea aceeași față către ambele corpuri cerești. Dacă însă Luna s-ar mișca în continuare în jurul Pământului, ajungând în partea opusă a orbitei sale și-ar păstra aceeași față îndreptată către steaua îndepărtată, dar

nu și către Pământ. În acel moment Luna ar fi cu spatele către Pământ, ca să spunem așa, iar noi am putea să-i vedem cealaltă față. Pe scurt, dacă Luna nu s-ar roti, atunci pe măsură ce s-ar deplasa pe traiectorie am putea să-i vedem fiecare parte, puțin câte puțin. Pentru a îndrepta mereu aceeași față către Pământ trebuie să se rotească.

Mai mult, trebuie să se rotească într-un anumit mod, trebuie să facă o rotație în exact atâta timp cât durează mișcarea ei în jurul Pământului. Deoarece se rotește astfel, vedem mereu aceeași față, dar către Soare îndreaptă diferite părți. Dacă v-ați afla pe Lună, ați vedea Pământul stând nemișcat destul de mult timp (dacă ați fi pe față îndreptată către Pământ). Soarele s-ar mișca totuși pe cerul Lunii, făcând o rotație completă cam în $29\frac{1}{2}$ zile. Ziua selenară are ceva mai mult de două săptămâni, iar noaptea la fel. Prima persoană care a arătat lumii acest lucru cu claritate a fost Kepler, în povestirea sa științifico-fantastică *Somnium*, publicată în 1634, după moartea lui.

37. CÂT DE DEPARTE ESTE LUNA?

Vechii greci au decis că Luna este corpul ceresc cel mai apropiat de noi, dar cât de apropiat este?

Există două lucruri pe care oamenii din acele vremuri nu le știau despre Lună: dimensiunile ei și distanța la care se află. Acestea sunt legate una de alta. Dacă ar fi cunoscut mărimea Lunii, ar fi fost lesne de calculat cu ajutorul trigonometriei cât de departe trebuie să fie pentru a avea pe cer dimensiunea aparentă pe care o are. Pe de altă parte, dacă ar fi fost cunoscută distanța, trigonometria ar fi permis calculul dimensiunilor reale, în funcție de diametrul aparent. Dacă ambele mărimi sunt necunoscute, atunci rezultă că am ajuns la un impas.

Ce se poate face? Se poate porni de la aparențe. Cât de mare pare Luna? Dacă li s-ar cere să estimeze dimensiunea

Lunii, majoritatea oamenilor ar spune că pare să aibă cam 30 de centimetri în diametru, ceea ce, desigur, nu poate fi adevărat. Dacă Luna ar avea realmente acest diametru, atunci ar trebui să se afle doar la 17 metri distanță de suprafața Pământului și n-ar putea trece peste o clădire mai înaltă, ca să nu mai vorbim de un munte. Pentru a putea trece peste munții Pământului, Luna ar trebui să se găsească la cel puțin nouă kilometri altitudine, iar în acest caz ar avea un diametru de cel puțin 90 de metri.

Întâmplarea face să fie și mai departe de Pământ și, deci, mai mare decât atât. Cam prin anul 460 î.e.n., un filozof grec, Anaxagoras (aprox. 500-428 î.e.n.), a sugerat că Soarele ar putea fi o rocă arzătoare cu diametrul de vreo 200 de kilometri (iar în acest caz Luna ar putea fi și ea destul de mare). Această idee a stârnit o asemenea opoziție în Atena și a generat atâtea acuzații de impietate și ateism, încât Anaxagoras a trebuit să părăsească în grabă orașul, pentru a scăpa cu viață.

Ei bine, atunci ce rămâne de făcut? N-are rost să încercăm pe ghicite. Există oare vreo cale de a determina distanța până la ceva ce nu poate fi atins? De fapt, există. Ridicați un deget și închideți ochiul stâng. Veți vedea degetul numai cu ochiul drept și va avea o anumită poziție față de peretele din față. Țineți degetul nemișcat, deschideți ochiul stâng și închideți-l pe dreptul. Acum vedeți degetul cu ochiul stâng și veți avea impresia că și-a schimbat poziția față de perete. De fapt, priviți degetul cu fiecare ochi din unghiuri diferite.

Această deplasare a unui obiect privit din diferite poziții devine cu atât mai mare cu cât obiectul este mai aproape și scade cu creșterea distanței, de asemenea, fenomenul este mai accentuat atunci când privim obiectul din două poziții depărtate una de alta și se diminuează când pozițiile sunt apropiate. Efectul se numește *paralaxă*. Observând un obiect îndepărtat, din două puncte diferite aflate la o distanță cunoscută unul de celălalt, și măsurând valoarea

paralaxei se poate calcula, cu ajutorul trigonometriei, distanța până la obiectul respectiv, chiar dacă nu poate fi atins. De pildă, s-ar putea folosi paralaxa pentru a determina distanța până la un obiect aflat pe partea opusă a unui râu.

Putem oare aplica Lunii metoda paralaxei? Desigur, orice obiect produce efect de paralaxă dacă este observat din poziții diferite, dar obiectele foarte depărtate produc valori atât de mici, încât nu se pot observa deloc. Astfel, dacă Luna este observată din două poziții aflate la distanță de câțiva kilometri una de cealaltă, s-ar putea să-și schimbe puțin poziția, comparativ cu stelele îndepărtate.

Asta înseamnă că un astronom ar putea măsura poziția Lunii față de o anumită stea la un moment dat, într-o anumită noapte. Poziția se măsoară în unități unghiulare. Un cerc imaginar de pe cer poate fi divizat în 360 de *grade* egale. Fiecare grad poate fi divizat în 60 de *minute*, iar fiecare minut în 60 de *secunde*. Un alt astronom, aflat la mare distanță, poate măsura și el distanța dintre Lună și aceeași stea, în același moment. Cele două distanțe se pot apoi compara și, dacă există o diferență, atunci aceea este paralaxa și se poate calcula distanța până la Lună.

Acest lucru a fost realizat pentru prima oară cam prin 150 î.e.n. de către astronomul grec Hipparchus (aprox. 190-120 î.e.n.), care a calculat că Luna se află la o distanță egală cu de treizeci de ori diametrul Pământului. Asta înseamnă că valoarea distanței până la Lună era de circa 385 000 de kilometri, cifră aproape corectă.

Era probabil o cifră uluitoare și mă îndoiesc de faptul că cineva a putut crede în corectitudinea măsurătorii lui Hipparchus. La urma urmei, dacă Luna era la această distanță, trebuia să aibă un diametru de aproape 3 500 de kilometri. Asta înseamnă ceva mai mult de un sfert din diametrul Pământului, deci trebuia acceptată ideea că Luna nu este doar un disc argintiu, ci o lume.

Grecii antici n-au putut determina mai mult decât distanța până la Lună, paralaxele celorlalte obiecte cerești erau prea mici pentru a putea fi măsurate. Totuși, această

distanță a fost de ajuns pentru a da umanității pentru prima oară ideea că universul este foarte mare și conține și alte lumi decât Pământul

Dacă mai erau unele îndoieli în legătură cu acest lucru, ele au dispărut în 1609, când Galileo și-a îndreptat telescopul spre Lună. El a văzut lanțuri muntoase, câmpii și ceva ce părea să fie cratere vulcanice. Toate acestea formau petele de pe Lună, care se puteau vedea de pe Pământ, chiar și fără telescop. Deci, Luna este cu siguranță o lume.

38. CARE ESTE MASA LUNII?

Chiar dacă astronomii din vechime acceptau punctul de vedere al lui Hipparchus, și anume că Luna este o lume enormă, ei puteau susține că obiectele cerești sunt compuse din lumină pură și nu au materie. Dimensiunile lor n-ar fi avut mai mare importanță decât cele ale unui nor sau ale unei umbre.

În acest caz ar fi mai importantă masa Lunii — câtă materie conține, ca să spunem așa. Dar cum se poate rezolva această problemă? Ca și în cazul Pământului, Luna nu poate fi cântărită și nu se poate exercita o forță care să-i schimbe mișcarea. Nici nu se putea merge până la Lună (asta până în 1969) pentru a măsura atracția gravitațională la suprafață și a calcula astfel masa.

Ceea ce se putea totuși face, era să se măsoare atracția gravitațională a Lunii (presupunând că există așa ceva) asupra Pământului. Pentru a obține această valoare, să ne gândim la un leagăn, ceva la îndemâna oricui. Imaginați-vă o scândură lungă și dreaptă, care poate pivota în jurul unui ax, cu doi puști așezați fiecare la un capăt. Unul dintre ei se află jos, cu picioarele pe pământ. Dacă împinge în picioare, se poate ridica, în timp ce capătul celălalt coboară și rolurile se inversează. Celălalt copil poate împinge la rândul său cu

picioarele în pământ, iar mișcarea se reia în sens invers. Ciclul se poate repeta atâta timp cât vor puștii să continue.

Să presupunem însă că unul dintre ei este mult mai greu decât celălalt. Dacă împinge în picioare, încercând să se înalțe, se ridică puțin și revine rapid jos, pentru că greutatea celuilalt copil nu este suficientă pentru a-l echilibra. În acest caz balanșorul nu funcționează.

Soluția este mutarea punctului de sprijin mai aproape de copilul mai greu. Cu cât se află mai aproape, cu atât este mai dificil pentru puștii cel mare să se mențină jos, fiind ridicat cu multă ușurință de greutatea puștii mai mic. În cele din urmă se poate găsi



o poziție a punctului de sprijin pentru care balanșorul este echilibrat, iar cei doi copii îl pot mișca la fel de ușor.

Cântărind copiii și măsurând distanța de la fiecare capăt până la punctul de sprijin, veți constata că, dacă greutatea puștii mai mare este dublă față de a celui mic, lungimea necesară la capătul acestuia din urmă pentru a echilibra balanșorul este dublă față de cea dinspre puștii mai greu. De fapt, dacă știți greutatea unui copil, dar nu și pe a celuilalt, măsurând lungimile brațelor balanșorului echilibrat puteți calcula greutatea celuilalt copil, fără a-l cântări efectiv. Acesta este *principiul pârghiei*, descoperit și explicat cam prin anul 250 î.e.n. de către Arhimede (287-212 î.e.n.).

Situația Pământului și Lunii seamănă întrucâtva cu cea a copiilor de pe balanșor. Atracția gravitațională a Pământului acționează asupra Lunii, determinând-o să se rotească în jurul lui, gravitația Lunii atrage Pământul, care capătă astfel o tendință de a se roti în jurul Lunii.

Dacă Pământul și Luna ar avea mase egale, atunci cele două tendințe ar fi și ele egale, iar Pământul și Luna ar orbita

amândouă în jurul unui punct situat la jumătatea distanței dintre centrele lor, aflându-se permanent în poziții diametral opuse una față de alta

Pământul este însă mult mai masiv decât Lună, iar punctul în jurul căruia pivotează cele două corpuri, *centrul gravitațional*, trebuie să se afle mai aproape de centrul Pământului, la fel cum axul balanșoarului se găsește mai aproape de puștiul mai greu. Datorită faptului că masa Pământului este considerabil mai mare decât a Lunii, poziția centrului gravitațional este atât de aproape de centrul Pământului, încât putem considera că Luna se rotește în jurul unui Pământ imobil.

Cu toate acestea, Pământul *nu* este imobil. Centrul său descrie un mic cerc în fiecare lună, aflându-se permanent în opoziție cu Luna față de centrul gravitațional. Mărimea acestui cerc se poate determina studiind mișcările stelelor pe cer, în cursul unei luni. Deoarece Pământul descrie un mic cerc în fiecare lună, stelele par să se miște și ele pe același cerc, dar în sens opus.

Centrul gravitațional al sistemului Lună/Pământ este de 81,3 ori mai aproape de centrul Pământului decât de al Lunii. El se găsește la aproximativ 4 700 de kilometri distanță de centrul Pământului, ceea ce înseamnă 1 600 de kilometri sub scoarța terestră, deci iată de ce Luna pare să fie singura care se rotește.

Acest lucru mai înseamnă că Luna are o masă egală cu $\frac{1}{81,3}$ (sau 1,2%) din cea a Pământului. Este posibil să nu sune ca ceva foarte mare, dar tot înseamnă că Luna are 740 de mii de miliarde de miliarde de kilograme.

Mai departe, deoarece Luna are o masă mai mică, înseamnă că atracția ei gravitațională este mai redusă. Ați putea crede că pe Lună greutatea este doar $\frac{1}{81,3}$ din cea de pe Pământ, dar vă reamintesc faptul că diametrul Lunii este mai mic, așa că suprafața ei se află mai aproape de centru decât în cazul Pământului. Acest lucru duce la creșterea atracției sale gravitaționale, așa că pe Lună am avea o șesime din greutatea de pe Pământ.

Dacă știm masa Lunii și îi cunoaștem dimensiunile, putem să-i calculăm densitatea, care se dovedește a fi 3,34 grame pe centimetru cub, adică doar trei sferturi din cea a Pământului. De aici putem deduce imediat că Luna nu are un miez din fier, ca Pământul, ci trebuie să fie formată doar din rocă. Mai departe, întrucât Luna este mai mică decât Pământul, temperatura ei internă este mai redusă decât cea din centrul Pământului, și cum rocile nu se topesc la fel de ușor ca fierul, putem presupune liniștiți că Luna nu are nici un fel de nucleu lichid.

Dacă nu există nucleu lichid, nu pot apărea deplasări interne și, chiar dacă ar exista ceva care să se poată mișca, Luna se rotește mult prea lent pentru a produce curenți turbionari, așa că putem concluziona că Luna nu are câmp magnetic. Atunci când au fost trimise sonde automate spre Lună și i-au măsurat proprietățile magnetice, s-a descoperit că această presupunere era corectă: spre deosebire de Pământ, Luna nu este un magnet.

În ceea ce privește celelalte planete, Marte se rotește destul de rapid, dar nici el nu are nucleu de fier. Mercur și Venus au nuclee de fier, dar se rotesc foarte încet. Rezultatul este că aceste planete nu sunt nici ele magneți. Mercur prezintă o vagă urmă de magnetism, lucru considerat foarte surprinzător.

39. CE SUNT MAREELE?

În orice moment, acea parte a Pământului care este îndreptată către Lună este cu circa 7 procente mai aproape de aceasta decât partea opusă. Asta înseamnă că fața îndreptată către Lună este atrasă mai puternic decât cealaltă parte. De aceea, Pământul este ușor alungit pe direcția care unește centrele celor două corpuri cerești și pe fiecare parte apare o curbă

Suprafața solidă a Pământului nu cedează prea mult, dar apa oceanelor este mai puțin compactă și se bombează considerabil mai mult decât uscatul. Există astfel două zone de creștere a nivelului apei, una spre Lună și cealaltă în partea opusă. Pe măsură ce Pământul se rotește în jurul propriei axe, suprafețele de uscat intră și ies din zonele cu nivel ridicat al apei.

Văzut de pe uscat, acest fenomen dă impresia că oceanul își crește nivelul, ajungând la un nivel maxim de *flux*, și scăzând apoi către un minim, *refluxul*, lucru care se întâmplă de două ori pe zi. De fapt, deoarece Luna se mișcă și ea pe orbită în intervalul dintre două marea, durata după care procesul se repetă este de 12½ ore.

Dacă asta ar fi fost tot, oamenii ar fi făcut legătura încă din vremurile preistorice între flux și Lună. Totuși, mai există și alte complicații. Soarele produce și el marea, dar la numai o treime din nivelul datorat Lunii, iar atunci când Soarele și Luna sunt aliniate, în perioadele de lună plină și de lună nouă, nivelul fluxului este mai mic, respectiv mai mare decât de obicei. Atunci când Soarele și Luna se află în unghi drept, extremele fluxului și refluxului sunt mai apropiate. De asemenea, momentul și nivelul fluxului depind foarte mult de forma țărmului.

Primele civilizații occidentale s-au dezvoltat de-a lungul coastelor Mării Mediterane, care este aproape complet înconjurată de uscat. Pe timpul fluxului, apa pătrunde din Oceanul Atlantic prin Strâmtoarea Gibraltar, dar înainte ca procesul să se încheie vine refluxul și apa începe mișcarea inversă. Apoi vine iar fluxul și sensul curentului se schimbă din nou, așa că modificarea nivelului apei din Mediterana este foarte redusă.

În jurul anului 300 î.e.n., exploratorul grec Pytheas (aprox. 330-? î.e.n.) a navigat pentru prima oară în afara Mediteranei. El a urmat coasta Atlanticului până la insulele britanice și în Scandinavia, iar pe timpul călătoriei s-a confruntat cu marea. Relatând acest lucru, a remarcat chiar și faptul că fenomenul are o legătură cu Luna. Acest

lucru nu a trezit totuși prea mare interes. Atunci când Iulius Cezar a întreprins o expediție în Bretania, și-a tras navele pe plajă chiar în apropierea apei și era gata să le piardă, surprins de fluxul înalt. Fiind vorba de Cezar, eroarea a fost repede corectată.

Legătura dintre marea și Lună era greu de acceptat în absența noțiunii de gravitație. De pildă, Galileo, care a fost un gânditor de excepție în multe privințe, respingea orice sugestie că Luna ar putea influența Pământul și credea că mările sunt doar clătinări ale oceanului, produse de rotația Pământului. Abia în 1687, atunci când Newton a elaborat teoria gravitației universale, fenomenul mareelor a putut fi înțeles pe deplin.

40. CUM AFECTEAZĂ MAREELE PĂMÂNTUL?

Mareele sunt foarte importante pentru navigație. Pe timpul fluxului apa din radele porturilor este mai adâncă și navele încărcate au șanse mai mici să atingă cu chila fundul apei sau să aibă necazuri cu bancurile de nisip, recifurile și rocile subacvatice. De aceea, navele pornesc de regulă la drum odată cu fluxul. Dacă, din anumite motive, nava nu poate pleca, atunci trebuie să aștepte următorul flux, indiferent cât de tare se grăbește. De aici și zicala „timpul și fluxul nu așteaptă pe nimeni”.

Există însă un efect mai important, deși nu atât de imediat, produs de marea. În timp ce Pământul se rotește și oceanul se bombează în ambele părți, există zone în care apa este mai puțin adâncă și se produce o frecare considerabilă cu uscatul, datorită mișcării relative dintre cele două elemente. Apa erodează fundul oceanului pe suprafețe mari, datorită fluxului și refluxului.

Această frecare acționează exact ca și saboții de frână ai unei mașini. O parte din energia mișcării de rotație a

Pământului este consumată de către fricțiunea produsă de marea, ceea ce produce asupra planetei un efect de frânare. Totuși, mișcarea de rotație a Pământului este atât de puternică, încât efectul de frânare rămâne minim. De fapt, ca efect al mareelor, durata zilelor se lungeste cu numai o secundă la fiecare 62 500 de ani.

Cu toate acestea, deși fenomenul este foarte lent, efectele sale se acumulează. Chiar și câteva zecimi de miimi de secundă suplimentare în fiecare an înseamnă că umbra produsă de o eclipsă totală de Soare, care ar cădea mereu în același loc dacă zilele ar fi egale, ajunge la sute de kilometri de locul unde s-a aflat la eclipsa precedentă. Tocmai din deplasarea poziției eclipselor din vremuri străvechi ne putem da seama de lungirea lentă a zilelor.

Totuși, frânarea mișcării Pământului nu se poate să nu producă la rândul ei un efect. Pământul are un anumit moment unghiular datorat rotației sale, iar acesta nu poate dispărea. Dacă momentul unghiular al Pământului scade, atunci crește cel al Lunii, astfel că, pe măsură ce ziua se lungeste, Luna se îndepărtează ușor de Pământ, rotindu-se în jurul lui pe o orbită mai largă.

Firește, Pământul produce și el marea pe Lună. Deoarece Pământul este de 81,3 ori mai masiv ca Luna, efectul pe care îl produce este considerabil mai mare (chiar dacă dimensiunile mai mici ale Lunii reduc oarecum amploarea fenomenului). Luna are un moment unghiular mai mic decât al Pământului, iar mișcarea ei este frânată mai ușor atunci când mareele produc frecarea straturilor de roci aflate la suprafață de cele din profunzime. Ca rezultat, mișcarea de rotație a Lunii a fost frânată, așa încât ea nu se rotește decât o singură dată în decursul mișcării sale de revoluție în jurul Pământului. Asta înseamnă că îndreaptă mereu aceeași față către Pământ, deci alungirile produse de marea, care se află pe fața îndreptată către Pământ și pe cea opusă, sunt imobile, ceea ce înseamnă că nu se mai produce frânarea rotației ca efect al mareelor. Rezultă deci că nu este o coincidență faptul că rotația Lunii în jurul

axei și mișcarea ei de revoluție în jurul Pământului au loc în același interval de timp, aceasta este o consecință a efectului produs de maree

41. EXISTĂ VIAȚĂ PE LUNĂ?

Abordând această problemă este necesar să ne punem de la bun început întrebarea ce înțelegem prin viață. Pe Pământ, toate formele de viață, oricât de diferite ar părea, au la bază aceleași substanțe chimice și nevoile lor existențiale sunt similare. Ele constituie „modul nostru de viață” sau „viața, așa cum o cunoaștem noi”

Este posibil să existe și alte feluri de viață, radical diferite, cu altă structură chimică, având un al set de necesități vitale și de o natură atât de diferită de viața de pe Pământ, încât să nu le putem nici măcar recunoaște ca ființe vii, în cazul în care le-am întâlni

Nu știm nimic despre asemenea tipuri de viață, nici măcar dacă pot exista, așa că nu putem discuta rațional despre ele. De fapt n-ar trebui să ne întrebăm „Există viață pe Lună?”, ci „Există pe Lună viață așa cum o cunoaștem noi?”

De îndată ce s-a descoperit că Luna este o lume, s-a considerat mai mult sau mai puțin firesc să existe viață pe ea, chiar viață inteligentă. Același lucru s-a întâmplat și cu celelalte corpuri cerești care s-au dovedit a fi lumi. În vremurile mai vechi, părerea generală era că scopul tuturor lumilor este să fie locuite, că o lume goală constituie o ărsire, iar așa ceva nu poate exista. Totuși acesta nu-i decât un exemplu despre modul cum gândim că ceva *ar trebui* să fie adevărat. Putem oare vorbi despre viața de pe Lună fără să implicăm păreri personale despre ce ar trebui sau n-ar trebui să existe? Să nu uităm că până în deceniul al șaptelea al secolului nostru n-aveam cum să mergem pe Lună, ca să aruncăm o privire

Dar nici nu era nevoie pentru că ne puteam da seama de la distanță. Gândiți-vă la petele de pe Lună, acelea despre care Galileo, cu ajutorul telescopului său, a aflat că sunt formate din munți, cratere și câmpii. Aceste pete nu se schimbă niciodată, Luna este ascunsă uneori de norii terestri, dar în nopțile senine petele nu sunt niciodată acoperite de norii selenari. Poate că Luna este o lume la fel ca Pământul, dar nu are niciodată nori, ceea ce pare să implice lipsa aerului în care aceștia s-ar putea forma.

Un alt fenomen pare și mai edificator. Din când în când, în drumul ei pe bolta cerească, Luna acoperă câte o stea. Dacă în jurul Lunii ar exista atmosferă, atunci când s-ar apropia de stea, lumina acesteia s-ar diminua treptat, până când ar dispărea complet în spațiile corpului solid al Lunii. Acest lucru nu se întâmplă.

În schimb, steaua rămâne la fel de strălucitoare până când este ascunsă de discul Lunii, nu există nici un fel de atmosferă care să o întunece.

Mai mult, atunci când privim partea luminată a Lunii, între aceasta și zona întunecată există o delimitare netă. Dacă ar fi existat o atmosferă, această limită ar fi fost difuză și s-ar fi produs ceea ce observăm pe Pământ ca amurg. Pe Lună însă această limită este clară, rezultă că nu există amurg și deci nici atmosferă.

De ce nu există atmosferă? Luna are o masă mai mică decât a Pământului și de aceea atracția sa gravitațională este mai redusă. La suprafața Lunii, atracția gravitațională este de numai o șesime din cea a Pământului, ceea ce nu e destul pentru a reține o atmosferă. Dacă Luna a avut vreodată o atmosferă, s-a împrăștiat în spațiu cu mult, mult timp în urmă.





Luna nu are nici ape de suprafață — oceane, lacuri, iazuri sau râuri. Dacă ar fi avut, acestea s-ar fi evaporat datorită căldurii solare, iar gravitația selenară n-ar fi putut să rețină nici vaporii, deci chiar dacă apa ar fi existat vreodată pe Lună, ar fi dispărut până acum.

Când a privit pentru prima dată către Lună, Galileo a crezut că zonele întunecate sunt mări, motiv pentru care și acum sunt uneori numite astfel. Totuși, la o privire mai atentă, s-a putut observa că pe „mări” există cratere și alte urme care n-ar putea exista dacă ar fi vorba de mări adevărate. Ele păreau mai degrabă scurgeri de lavă de la activitățile vulcanice primordiale.

Deoarece putem ajunge cu ușurință la concluzia că Lunii îi lipsesc atmosfera și apa, este puțin probabil ca acolo să existe viața, așa cum o cunoaștem noi. De aceea, Luna a fost considerată încă din secolul al XVII-lea o lume moartă.

De fapt, asta înseamnă doar că nu există forme de viață mari și complexe pe Lună. Este posibil să existe numai urme de aer și apă ici și colo în solul selenar și să supraviețuiască doar forme simple de viață, cum ar fi bacteriile, dar cu siguranță nimic mai mult.

Și totuși, oamenii n-au putut renunța la ideea că toate lumile trebuie să conțină viață, iar o lume moartă este o anomalie fără scop. În 1835, un ziarist britanic, Richard Adams Locke (1800-1871), a publicat în ziarul new yorkez *Sun* o serie de articole despre descoperirea unor forme avansate de viață pe Lună. Era pură ficțiune, dar publicul a crezut, iar *Sun* a devenit pentru o scurtă perioadă ziarul cel mai bine vândut din lume.

Atunci când oamenii doresc să creadă ceva, ei cred, în ciuda a ceea ce este evident. Însă cu tot succesul „amăgirii selenare”, studiile făcute asupra Lunii, inițial prin telescop, au dovedit destul de clar că lumile moarte pot exista și chiar există.

42. CUM S-AU PRODUS CRATERELE DE PE LUNĂ?

Urmele cele mai caracteristice de pe Lună sunt craterele, depresiuni circulare de pe suprafață înconjurată de lanțuri muntoase, dintre care unele pot atinge 150 de kilometri lărgime și chiar mai mult. Dacă ne gândim la ele, ne putem imagina cu ușurință două moduri diferite în care ar fi putut să se formeze. Simplul fapt că le numim *cratere* (de la cuvântul latin care înseamnă cană, pentru că par să fie ca niște căni goale), ne duce cu gândul la craterele vulcanice, și s-ar putea ca, la începuturile istoriei sale, Luna să fi avut o activitate vulcanică intensă și toate craterele să fie urme ale vulcanilor ei, care acum sunt stinși. Cealaltă posibilitate este ca acele cratere să fie formate prin impactul unor meteoriți mari cu suprafața Lunii.

Oamenii din timpul lui Galileo (și vreo două secole mai târziu) nu știau prea multe lucruri despre bombardamentul meteoritic, dar știau destul despre vulcani. De aceea, s-a considerat firească proveniența vulcanică a craterelor selenare. Craterele sunt mult mai mari decât cele ale vulcanilor terestri, dar atracția gravitațională de la suprafața Lunii este așa de mică în comparație cu a Pământului, încât o erupție vulcanică de pe Lună ar putea arunca mult mai multă materie decât o erupție de aceeași putere, produsă pe Pământ. Chiar și după ce astronomii au aflat mai multe despre impactul meteoriților, tot n-au considerat probabilă originea meteoritică a craterelor. Ciocnirea unui meteorit cu suprafața Lunii se poate produce pe orice direcție, iar din impactul sub un unghi ascuțit, cum este cel mai probabil să se producă, ar fi trebuit să rezulte un crater eliptic. Pe de altă parte, craterele vulcanice au întotdeauna o formă circulară, așa cum au și cele de pe Lună.

Prima persoană care a pus serios la îndoială originea vulcanică a craterelor selenare a fost un geolog american, Grove Karl Gilbert (1843-1918), care, în ultimul deceniu al secolului trecut, a susținut că între craterele vulcanice terestre și cele selenare există diferențe esențiale de formă. Mai mult, craterele vulcanice de pe Pământ se găsesc aproape toate în vârfuri de munți, în timp ce pe Lună se află la nivelul solului. El n-a reușit totuși să explice de ce craterele selenare sunt rotunde și nu eliptice.

Dilema a fost rezolvată în cele din urmă de astronomul american Forest Ray Moulton (1872-1952). El a evidențiat faptul că ciocnirea meteoritilor cu suprafața Lunii s-a produs cu viteze de ordinul a 30 de kilometri pe secundă, iar forța unui asemenea impact produce un fel de explozie. Această explozie, și nu impactul propriu-zis, este cea care generează întotdeauna un crater circular, ca o erupție vulcanică. De atunci se consideră că la originea formării craterelor de pe Lună se află impactul meteoritic, iar actualmente savanții cred că formarea corpurilor cerești din sistemul solar s-a datorat acumulării materiei cosmice, ultimele bucăți de asemenea materie, care s-au izbit de suprafața selenară, au produs craterele pe care le vedem astăzi pe Lună. Nu există nici un motiv pentru care Luna să fie singura marcată de asemenea urme de bombardament, iar sondele lansate începând cu deceniul al șaptelea au descoperit că toate lumile lipsite de atmosferă prezintă astfel de semne. Pe corpurile cerești cu atmosferă, craterele pot fi erodate de aer, de apele curgătoare, biosferă, ghețari mobili, lavă și așa mai departe. Acesta este motivul pentru care Pământul nu pare să aibă cratere de impact, deși există multe semne de impact meteoritic, după cum voi arăta mai târziu.

43. CUM S-A FORMAT LUNA?

Am arătat mai devreme cum se crede că s-a format sistemul solar. Această descriere nu rezolvă însă toate

problemele, iar printre cele nelămurite sunt și întrebările despre Lună. Oare cum s-a format?

Sateliții sunt în general mult mai mici decât planetele în jurul cărora orbitează, așa că planetele mici nu au deloc sateliți sau aceștia sunt foarte mici. Mercur și Venus nu au, iar Marte are doi, cu diametre de numai câțiva kilometri.

În 1978, astronomul american James Christy a descoperit că Pluto, cea mai îndepărtată planetă cunoscută, are un satelit, Charon, care are doar zece la sută din masa planetei. Cu toate acestea, Pluto este o lume pitică, mai mică decât Luna, iar Charon este, desigur, și mai mică.

Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun au fiecare mai mulți sateliți, dar aceste planete sunt toate mult mai mari decât Pământul. Unii dintre sateliții planetelor mari au la rândul lor dimensiuni considerabile, diametrele lor variind de la 3 000 la 5 000 de kilometri, adică de la ceva mai puțin decât Luna, până la mult mai mult. Jupiter are patru astfel de sateliți mari, în timp ce Saturn și Neptun au fiecare câte unul. Cu toate acestea, acești sateliți mari sunt micuți în comparație cu planetele gigantice în jurul cărora se rotesc.

Deși este o planetă mică, Pământul are totuși un satelit mare în comparație cu dimensiunile sale, spre deosebire de planetele gigantice. Luna are o masă egală cu 1,2% din cea a Pământului, așa că sistemul Lună/Pământ poate fi considerat aproape ca o planetă dublă.

Prima persoană care a abordat în mod științific problema formării Lunii a fost astronomul englez George Howard Darwin (1845-1912), care a pornit de la studiul mareelor.

M-am referit mai devreme la faptul că, datorită frecării generate de maree, Luna se îndepărtează încet de Pământ. Aceasta înseamnă că ieri Luna era puțin mai aproape de Pământ decât este astăzi, iar anul trecut era și mai aproape, în timp ce acum un secol distanța era și mai mică. De fapt, dacă ne întoarcem mult în timp, Luna trebuie să fi fost chiar foarte aproape de Pământ. În acest caz, a teoretizat Darwin, poate că Luna și Pământul au fost cândva un corp ceresc unic.

Această planetă unică ar fi conținut întregul moment unghiular pe care îl au acum cele două obiecte, deci s-ar fi rotit foarte repede, și este posibil ca această rotație să fi produs azvârlirea materiei aflate la periferie, ducând la formarea Lunii. Efectul generat de frecarea produsă de maree ar fi putut să producă îndepărtarea satelitului, care a ajuns astfel la poziția actuală.

La început, ideea părea foarte bună. În primul rând densitatea Lunii este de numai 3,34 grame pe centimetru cub, deci este constituită din roci, fără nucleu dens, din fier, cum are Pământul. Pare logic pentru că Luna s-ar fi format doar din partea exterioară a Pământului, nu din nucleul aflat la interior.

Apoi Darwin a arătat că Luna este exact atât de mare cât să se potrivească cu Oceanul Pacific, așa că s-ar fi putut desprinde din acea zonă a Pământului. Existența vulcanilor și cutremurelor din regiunea Pacificului ar fi putut să constituie „cicatricile” rămase după smulgerea forțată a Lunii din scoarța terestră.

Din păcate, deși suna atât de convingătoare, teoria lui Darwin nu este valabilă. În zilele noastre se știe că forma specifică a Oceanului Pacific se schimbă cu timpul, și că nici forma, nici lanțul de vulcani nu au nici o legătură cu Luna. Pe lângă asta, dacă se calculează momentul unghiular total al presupusei planete Pământ/Lună, rezultă doar un sfert din valoarea care ar fi putut produce desprinderea unei porțiuni din scoarță. Din acest motiv, alături de altele similare, astronomii sunt acum siguri că este greșită ipoteza lui Darwin, conform căreia Luna ar fi o bucată smulsă din scoarța Pământului.

S-ar părea deci că Pământul și Luna s-au format de la început separat, variantă care generează două posibilități. Prima ar fi ca Luna și Pământul să provină ambele din același turbion de praf și gaz cosmic din care s-au format planetele, dar dintr-un anumit motiv s-a condensat o planetă dublă în loc de una singură. A doua posibilitate ar fi ca aceste corpuri să fi fost inițial două planete, formate din

două vârtejuri separate Aflându-se pe o orbită care o aducea periodic destul de aproape de Pământ, Luna ar fi putut fi capturată de acesta, la una dintre trecerile prin apropierea lui

Ideea că cele două corpuri s-au format din același vârtej de praf și gaze cosmice nu pare prea viabilă, întrucât în acest caz ambele obiecte ar fi trebuit să fie compuse din rocă și metal, iar Luna ar fi avut, ca și Pământul, un nucleu metalic, ceea ce nu se întâmplă Pe de altă parte, dacă cele două corpuri s-au format separat, unul dintre vârtejuri putea fi mai mare și mai bogat în fier, ceea ce a dus la formarea nucleului metalic al Pământului, în timp ce al doilea turbion putea fi mai mic și mai sărac în metal și a generat Luna cea mică și formată numai din roci Astronomii n-au reușit însă să calculeze un scenariu rezonabil care să fi dus la capturarea de către Pământ a unui corp atât de mare ca Luna

Nici una dintre alternativele sugerate — ipoteza lui Darwin cu rotirea rapidă, geneza comună dintr-un singur vârtej sau formarea separată — nu explică în mod satisfăcător existența Lunii De fapt, un astronom a spus odată exasperat că, din moment ce toate explicațiile au dat greș, singura concluzie la care se poate ajunge este aceea că Luna de fapt nu există

Dar Luna există, iar astronomii au trebuit să gândească în continuare În 1974, un astronom american, William K Hartmann (născut în 1939) a sugerat o a patra alternativă A revenit la ipoteza lui Darwin cu planeta unică Pământ/Lună, dar n-a pornit de la rotația rapidă, care să fi produs smulgerea În loc de asta, el a sugerat ceva mult mai violent în primele sute de milioane de ani ale formării planetelor era probabil un haos teribil, planetele se constituiau din fragmente mai mici și, pentru o vreme, existau mult mai multe sub-planete, iar coliziunile dintre ele se produceau destul de frecvent Ca rezultat al coliziunilor, corpurile mai mari au crescut pe socoteala celor mici, până când s-au format în final planetele actuale, golind spațiul din jur În acele vremuri de început, un corp asemănător Pământului, dar cu masa de numai

zece procente din cea terestră, s-ar fi ciocnit cu Pământul. (Acest lucru trebuie să se fi produs cu peste 4 miliarde de ani în urmă, înainte ca viața să se fi dezvoltat pe Pământ, dacă s-ar fi întâmplat după apariția vieții, aceasta ar fi fost distrusă și ar fi trebuit să o ia de la început.) Cele două obiecte, având fiecare nuclee metalice, s-au contopit și porțiuni din scoarțele lor au erupt în spațiu, formând Luna. Această a patra alternativă înlătură toate dificultățile celorlalte trei, fără a introduce alte neclarități. Ipoteza lui Hartmann a fost ignorată inițial, dar în 1984 o simulare pe calculator a coliziunii celor două corpuri a demonstrat că ideea era viabilă, iar acum tinde să fie tot mai larg acceptată.

44. PUTEM AJUNGE LA LUNĂ?

Deoarece deja am reușit acest lucru, răspunsul este da, dar cu mult înainte ca să existe mijloacele pentru a ajunge până acolo, oamenii cu imaginație au scris despre călătorii spre Lună. Acestea erau simple fantezii destinate să amuze cititorul și de multe ori nu făceau nici un efort să descrie în mod realist Luna. La urma urmei, în acele vremuri nu se știa mai nimic despre Lună și era tratată ca un tărâm ceva mai depărtat, cam ca India sau Etiopia.

Prima povestire cunoscută despre o călătorie pe Lună aparține unui scriitor grec, Lucian (aprox 120-180). Această istorie, scrisă cam prin 165, se referea la un zbor către Lună, realizat de erou folosind aripile unor păsări. Ceva mai târziu, el a scris o altă poveste, în care eroul era purtat către Lună de un ciclon. În 1532, poetul italian Ludovico Ariosto (1474-1533) a scris un poem epic, *Orlando Furioso*, în care eroul ajungea pe Lună, purtat de carul profetului biblic Ilie¹

¹ //Iie (Elijah în original): profet evreu din secolul al IX-lea î.e.n. a cărui înălțare la cer într-un car de foc este descrisă în Vechiul Testament, Cartea a doua a Regilor, 2-11 (n.t.).

Johannes Kepler a scris și el despre o călătorie spre Lună, desfășurată în vis, aceasta a fost prima povestire care încerca să prezinte adevăratele caracteristici ale Lunii, cum ar fi durata de două săptămâni a zilelor și a nopților

Călătoriile spre Lună au devenit și mai populare după ce telescopul lui Galileo a dovedit că aceasta este o adevărată lume În 1638, o carte numită *Omul din lună*, aparținând unui scriitor englez, Francis Godwin (1562-1633), a fost publicată postum Eroul povestirii ajungea pe Lună călătorind într-un vehicul la care erau înhămate păsări uriașe Toate aceste povești pomeau de la presupunerea că spațiul dintre Pământ și Lună este umplut cu aer, ceea ce părea la vremea respectivă o presupunere firească, pe Pământ era aer peste tot, chiar și în vârful munților De ce nu s-ar fi extins la infinit? Faptul că lucrurile nu stau așa a fost descoperit în 1643, după cum urmează

Apa poate fi pompată în sus doar aproximativ 10 metri, nu mai mult Galileo era foarte uimit de acest lucru, iar în 1643 a cerut unuia dintre discipolii săi, italianul Evangelista Torricelli (1608-1647), să cerceteze această problemă

Torricelli a pornit de la ideea că pomparea apei constă în absorbția aerului din țeava care coboară sub nivelul apei din puț Aerul care apăsa asupra suprafeței apei din puț părea să împingă apa în țeavă, înlocuind aerul scos din tub, iar pe măsură ce pompa continua să lucreze și să scoată aerul, apa era împinsă tot mai sus pe țeavă La înălțimea de 10 metri, coloana de apă înceta să mai urce, se părea că presiunea ei o egala pe cea produsă de aer asupra suprafeței apei din puț

Pentru a verifica această ipoteză, Torricelli a folosit mercur, un lichid cu densitatea de aproape 13½ ori mai mare decât a apei, care produce o presiune de 13½ ori mai ridicată, comparativ cu cea exercitată de o coloană de apă cu aceeași înălțime Dacă presiunea aerului putea împinge în sus 10 metri de apă, atunci ar fi trebuit să facă același lucru cu 0,76 metri de mercur Torricelli a umplut cu mercur un tub de sticlă lung de 1,2 metri, i-a pus un dop și l-a scufundat cu capătul astupat într-un vas mare cu mercur Atunci când a

scos dopul, mercurul a început să curgă în vas, dar o coloană înaltă de 0,76 metri a rămas în tub. Era evident că presiunea coloanei de mercur o egalase pe cea a aerului (care la rândul ei era egală cu presiunea exercitată de o coloană de aer cu înălțimea egală cu cea a atmosferei)

Acest experiment a demonstrat, în primul rând, că aerul are greutate și deci masă proprie, nu erau deci vapori lipsiți de masă, ci un obiect material, substanță difuză, rarefiată, dar totuși materială. În al doilea rând, faptul că presiunea atmosferică era egalată de cea produsă de o coloană de mercur de 0,76 metri a demonstrat că valoarea ei este finită și, deci, înălțimea atmosferei este și ea limitată, iar greutatea unui anumit volum de aer poate fi măsurată, iar densitatea sa se poate calcula cu precizie. Aerul are o densitate de 0,0013 grame pe centimetru cub, deci $\frac{1}{77}$ din densitatea apei. Astfel, dacă densitatea atmosferei ar fi constantă, înălțimea până la care s-ar întinde ar fi de 8 kilometri.

De fapt, densitatea atmosferei nu este aceeași peste tot. Straturile superioare le comprimă pe cele inferioare și, deoarece aerul este mult mai compresibil decât rocile, densitatea sa este considerabil mai mare în straturile inferioare. Acest lucru a fost dovedit de fizicianul francez Blaise Pascal (1623-1662), care în anul 1648 a apelat la cumnatul său pentru a urca pe un munte, purtând asupra sa tuburi cu mercur. Dacă aerul ar fi avut o densitate uniformă, atunci la înălțimea de 1 800 de metri ar fi trebuit ca lungimea coloanei de mercur să atingă doar patru cincimi (0,61 metri) din dimensiunile de la nivelul mării. Scăderea s-a produs, dar nu chiar așa de rapid. La înălțimi mai mari aerul este mai rarefiat și se întinde mai departe, așa că atmosfera s-a dovedit a fi extinsă la înălțimi mai mari decât se presupusese inițial.

Cu toate astea, chiar admitând o grosime mai mare a atmosferei, dincolo de înălțimea de 160 de kilometri se află atât de puțin aer, încât poate fi ignorat. Rezultă deci că într-o călătorie spre Lună, deplasarea se face peste 99,95% din distanță prin vid. De fapt, cu excepția zonelor din imediata

apropiere a corpurilor cerești mari, spațiul este vid și conține doar urme minuscule de materie

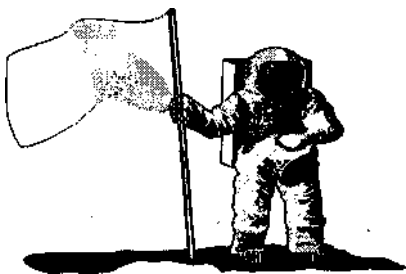
Dacă ne gândim puțin la acest lucru, ne vom da seama că trebuie să fie adevărat. Dacă universul ar fi umplut cu aer, așa cum se credea până la experimentele lui Torricelli, atunci Luna și celelalte corpuri cerești s-ar deplasa prin atmosferă și ar pierde permanent energie, prin frecare. În acest caz mișcarea lor s-ar desfășura tot mai lent, până când Luna ar cădea pe Pământ, în timp ce Pământul ar ajunge treptat să cadă pe Soare. De fapt, singurul motiv pentru care obiectele din spațiu își pot menține permanent orbitele neschimbate este faptul că se mișcă prin vid și în acest fel practic nu pierd energie prin frecare.

Vidul din spațiul cosmic constituie un oarecare impediment pentru călătoriile spre Lună. Nu se pot folosi pentru asta păsări sau cicloane și nu ne putem baza pe care magice sau pe vise. Practic singura metodă cunoscută pentru a călători în vid folosește principiul rachetei. În 1687, Newton a enunțat legile dinamicii, dintre care una spune că în cazul în care o parte din masa unui obiect este azvârlită într-o direcție, atunci restul se va mișca în direcție opusă (este vorba de legea acțiunii și reacțiunii). Astfel, dacă o navă conține o cantitate de material care poate fi transformat în gaze fierbinți, iar aceste gaze sunt proiectate înapoi cu viteză mare printr-o deschidere strâmtă, nava se va deplasa înainte și va putea atinge o viteză suficientă pentru a părăsi definitiv Pământul.

În 1650, o carte cu titlul *Călătorie spre Lună*, scrisă de francezul Cyrano de Bergerac (1619-1655) descria șapte moduri diferite prin care se putea ajunge pe Lună. Șase dintre ele erau pure fantezii și n-ar fi putut fi aplicate. Al șaptelea mod se baza pe propulsia cu rachete — cu 37 de ani înainte ca Newton să fi enunțat principiul acesteia. În 1926, un fizician american, Robert Hutchings Goddard (1882-1945) a construit și a lansat prima rachetă cu combustibil lichid de genul celor moderne. Era un obiect mic, dar se

deschidea drumul călătoriilor spațiale prin care, la 16 iulie 1969, astronautul american Neil Alden Armstrong (născut în 1930) a ajuns să fie prima ființă umană care a pus piciorul pe Lună

Călătoriile pe Lună au demonstrat rapid că aceasta este într-adevăr o lume lipsită de atmosferă, de apă și de viață. N-au fost găsite nici măcar urme ale prezenței, actuale sau trecute, a celor mai simple forme de viață.



Au fost aduse pe Pământ mostre de roci selenare, pentru a fi analizate. Fiind mai mică decât Pământul și mai puțin fierbinte în interior, Luna este mai puțin turbulentă și are activitate vulcanică mai redusă. De aceea, rocile de la suprafața ei au putut rămâne neschimbate mai mult timp decât cele de pe Pământ. De fapt, unele dintre mostrele de roci selenare s-au dovedit a avea o vechime de 4,2 miliarde de ani, cu o jumătate de miliard mai mult decât cele mai vechi roci găsite pe Pământ.

45. CE SUNT METEORIȚII?

Oricine a privit cerul în nopțile întunecate a observat, uneori, ceva ce arată ca o stea care brăzdează cerul și apoi dispăre. Steaua pare că părăsește locul ei de pe cer și cade rapid. De fapt, fenomenul este denumit popular chiar „stea căzătoare”.

Totuși, încă din vremea grecilor antici s-a observat că indiferent câte stele căzătoare apăreau pe cer, nici una dintre stelele fixe cunoscute nu dispărea vreodată de pe firmament. Deci, orice ar fi stelele căzătoare, nu pot fi stele adevărate.

Grecii au evitat explicarea acestor fenomene, numindu-le *meteori* (de la cuvintele grecești care înseamnă obiecte pe cer, adică așa cum spunem acum „obiecte neidentificate” sau OZN)

Știm acum că meteorii sunt bucăți de materie cosmică, cu dimensiunile unei gămălii de ac. Spațiul este plin cu astfel de particule (am putea spune că spațiul este „plin de praf”) și atunci când se întâmplă ca vreuna să ajungă în apropierea Pământului, traversează atmosfera, comprimând aerul în drumul ei. Frecarea face să crească temperatura particulei, până când aceasta începe să strălucească și se vaporizează, dezmembrându-se în particule de praf și mai mici. Acest praf nu ne afectează și este chiar extrem de util, deoarece acționează ca nucleu de condensare în jurul cărora se formează picăturile de apă. Astfel praful cosmic contribuie la apariția ploii, care este esențială pentru viața terestră. (Problema provenienței acestui praf va fi abordată mai târziu în carte.)

Există totuși fragmente considerabil mai mari decât o gămălie de ac, care bombardează Pământul. Unele sunt destul de mari pentru a rezista trecerii prin atmosferă și lovesc suprafața terestră ca obiecte relativ mari. Asemenea fragmente mai mari, care călătoresc prin spațiu, sunt numite *meteorizi*, iar cele care lovesc Pământul se numesc *meteoriți*. Aproximativ 10% dintre meteoriți sunt formați din fier-nichel, ceea ce, așa cum am explicat mai devreme, a dat savanților pentru prima oară ideea că miezul Pământului ar putea fi constituit din fier-nichel.

Oamenii din antichitate găseau uneori meteoriți din fier-nichel, pe vremea când nu știau încă să extragă fierul din minereu. Acest aliaj deosebit de rezistent (datorită conținutului de nichel), primit în dar din cer, era considerat de o valoare enormă, pentru că permitea confecționarea unor arme și unelte mai bune, mai rezistente, mai ascuțite decât orice alt material de care dispuneau. Astfel, *Iliada* descrie un bulgăre de fier, de origine meteoritică fără îndoială, oferit

ca premiu la jocurile organizate la funeraliile lui Patrocle în zonele populate ale Pământului nu pot fi găsiți asemenea meteoriți, deoarece au fost căutați și folosiți

Uneori poate fi efectiv văzută căderea unui meteorit. Se presupune că un astronom grec din secolul doi, Hipparchus ar fi cules mărturia unui martor ocular al căderii unui meteorit, eveniment privit la vremea respectivă ca un semn din ceruri. În templul lui Artemis din Efes era cu multă vreme în urmă venerat un meteorit, iar piatra neagră aflată în sanctuarul Kaaba din Mecca este probabil și ea un meteorit.

Povestirile despre pietre căzute din cer erau privite cu neîncredere de către astronomii de la începutul timpurilor moderne. Un profesor de chimie american, Benjamin Silliman (1779-1864), a declarat în 1807 că, împreună cu un coleg, a asistat la căderea unui meteorit, dar Thomas Jefferson (1743-1826), care la vremea respectivă era președinte al Statelor Unite și o personalitate științifică recunoscută, a comentat că era mai ușor de crezut că doi profesori yankei spun minciuni, decât că pot cădea pietre din cer.

Scepticismul exagerat al savanților poate fi lesne blamat, dar este mult mai sigur să fii sceptic și să lași timpul și faptele să dovedească adevărul unei ipoteze nepopulare, decât să fii prea receptiv la noile idei și să irosești eforturi științifice pe cercetări iraționale în toate direcțiile.

Au existat savanți care au susținut totuși acest punct de vedere minoritar. Fizicianul german Ernst F. F. Chladni (1756-1827) a publicat în 1794 o carte în care susținea că din cer cad pietre și chiar a adunat fragmente despre care se spunea că ar fi căzut din cer. Vestea despre căderea unor astfel de obiecte în 1803 în Franța l-a făcut pe fizicianul francez Jean Baptiste Biot (1774-1862) să desfășoare o minuțioasă investigație, iar raportul său a convins în sfârșit lumea științifică de existența meteoriților.

De atunci, fenomenul a fost studiat cu atenție, deoarece până în 1969 acestea erau singurele mostre disponibile de materie extraterestră. Pe de altă parte, aceste obiecte erau

foarte mici și stătuseră multă vreme în vidul cosmic, deci era foarte probabil să fi rămas neschimbate încă de la formarea lor. Unii meteoriți s-au dovedit a avea o vechime de 4,6 miliarde de ani, mai vechi decât orice roci găsite pe Pământ sau pe Lună, iar această valoare a fost folosită pentru a determina data nașterii întregului sistem solar, inclusiv Soarele, Luna și Pământul.

46. METEORIȚII AR PUTEA FI PERICULOȘI PENTRU VIAȚA ȘI BUNURILE OAMENILOR?

Desigur! Nu-i nevoie să ne gândim prea mult ca să ne dăm seama că, Pământul fiind bombardat la întâmplare cuoci și bucăți de metal, până la urmă unul dintre aceste proiectile va lovi pe cineva. Până în prezent, deși se cunosc unele cazuri în care meteoriții au lovit case și chiar mașini, nu s-a înregistrat nici o victimă. Este însă de așteptat să se întâmple așa ceva, fiind doar o chestiune de timp.

Pământul reprezintă o țintă enormă și este mai mult decât probabil ca un meteorit să cadă în ocean, în deșert sau într-o zonă puțin populată, cum ar fi pădurile și terenurile agricole, și să nu lovească un om sau un oraș. Totuși, numărul de oameni este în continuă creștere, orașele se extind, iar Pământul devine tot mai plin de structuri realizate de om, așa încât ținta se mărește și, în cele din urmă, căderea unui meteorit va produce o tragedie.

Desigur, cu cât meteoritul este mai mare, cu atât pagubele pe care le poate produce sunt mai mari, dar meteoriții mari sunt cu mult mai rari decât cei mici. Cel mai mare meteorit cunoscut în istorie a căzut în 1908 în Siberia centrală, doborând toți copacii pe o rază de 32 de kilometri. Au fost ucise și niște animale, dar zona fiind nelocuită pe atunci, nu s-au pierdut vieți umane. Este posibil ca acum

25 000 de ani să fi căzut un meteorit și mai mare în zona Anzonei actuale, formând un crater larg de 0,8 kilometri

Mulțumită faptului că se găsește într-o zonă deșertică și nu a suferit prea mult efectele erozive ale apei și activității umane, craterul este încă vizibil. Dacă un astfel de meteorit ar cădea astăzi asupra unui oraș, l-ar șterge într-o clipă de pe fața planetei.

Există urme ale unor ciocniri și mai serioase, produse cu câteva milioane de ani în urmă, care au format cratere mai mari, aproape șterse de acțiunea vântului, apei și vegetației, dar a căror existență poate fi încă determinată. Însă înainte de a aborda marile căderi meteoritice, trebuie mai întâi să ne ocupăm de alt subiect.

47. CE SUNT ASTEROIZII?

Unul dintre motivele pentru care învățătorilor din secolul al XVIII-lea le venea greu să accepte existența meteoriților este acela că nu era cunoscută existența unor corpuri cerești mici în sistemul solar. Se părea că există doar planetele și sateliții lor (și misterioasele comete, despre care voi vorbi mai târziu).

O oarecare schimbare de optică a început să se producă începând cu astronomul german Johan Daniel Titius (1729-1796). În 1766 el a elaborat o formulă care permitea calculul distanțelor medii dintre Soare și planete. Au rezultat următoarele numere: 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, 388 și așa mai departe. Să zicem că distanța Pământului până la Soare o reprezentăm cu 10. În acest caz, distanța de la Soare la Mercur este aproximativ 3,88, la Venus 7,23, la Marte 15,23, la Jupiter 52, iar la Saturn 95,5. În 1772, un alt astronom german, mai renumit, Johann Elert Bode (1747-1826) a făcut publice aceste serii de numere, care au ajuns, pe nedrept, să fie cunoscute ca *legea lui Bode*.

Până la urmă, astronomii au observat că în poziția 28 a legii lui Bode nu există nici o planetă. Trebuie să existe acolo

o planetă? Dacă-i așa, de ce n-a fost văzută niciodată? Ar trebui să se afle față de Pământ doar la dublul distanței până la Marte și la două cincimi din distanța până la Jupiter. Chiar dacă această planetă din poziția 28 n-ar fi fost mai mare decât Marte (care are doar puțin mai mult de jumătate din diametrul Pământului), ar trebui să fie totuși vizibilă. Singurul motiv pentru care planeta din poziția 28 ar fi putut să nu fie observabilă putea consta doar în dimensiunile sale mult mai mici decât cele ale planetei Marte.

Un astronom german, Heinrich W. M. Olbers (1758-1840), a organizat în ultimul deceniu al secolului al XVIII-lea un studiu astronomic în cadrul căruia mai multe grupe de astronomi trebuiau să observe fiecare anumite porțiuni de cer, căutând cu atenție o posibilă planetă cu orbita între cea a lui Marte și cea a lui Jupiter. Însă mai înainte ca acțiunea să înceapă, un astronom italian, Giuseppe Piazzi (1746-1826) a făcut descoperirea la întâi ianuarie 1801, chiar în prima zi a secolului nouăsprezece. Din întâmplare, a observat o „stea” care-și schimba poziția de la noapte la noapte, deci nu putea fi o stea obișnuită. După viteza ei de mișcare, părea să fie planeta care lipsea dintre Marte și Jupiter. Deoarece Piazzi era sicilian, a numit noua planetă Ceres, după zeița agriculturii care era venerată în Sicilia antică.

Ceres este o planetă mică, cu diametrul de numai 1 000 de kilometri, mai puțin de jumătate din cel al Lunii.

Dar Olbers n-a putut crede că asta-i tot ce există între Marte și Jupiter și a continuat să caute, după cum plănuiise. În cursul următorilor câțiva ani, între Marte și Jupiter au mai fost descoperite încă trei corpuri cerești mai mici decât Ceres și au fost numite Pallas, Vesta și Juno.

Astronomul britanic de origine germană William Herschel (1738-1822) a evidențiat faptul că noile corpuri descoperite erau atât de mici, încât arătau chiar și prin telescop mai



degrabă ca niște puncte luminoase, la fel ca stelele, și nu prezentau siluete sferice, ca planetele mai mari. De aceea, el a sugerat să fie numite *asteroizi* (cu aspect de stele), iar numele a fost adoptat.

După descoperirea făcută de Piazzini s-au mai observat enorm de mulți asteroizi. Sunt cunoscuți peste trei mii și, fără îndoială, mai există multe mii în spațiul dintre Marte și Jupiter. Ceres a rămas cel mai mare, conținând aproape 10% din masa totală a asteroizilor. De aceea, spațiul dintre orbita lui Marte și cea a lui Jupiter este cunoscut sub numele de *centura de asteroizi* și constituie o regiune asemănătoare cu ceea ce trebuie să fi fost sistemul solar înainte de formarea completă a planetelor.

De ce se află asteroizii acolo? Olbers a fost primul care a sugerat că sunt resturile unei planete care a explodat. Ideea este atractivă, dar nu știm cum și de ce ar putea exploda o planetă. Astronomii din zilele noastre consideră că materia din centura de asteroizi n-a reușit pur și simplu să se condenseze într-o planetă. Poate că Jupiter, planeta gigantică, a adunat atât de multă materie din centura de asteroizi, încât ceea ce a rămas n-a fost suficient pentru a constitui o planetă destul de mare. Pe lângă asta, atracția gravitațională a lui Jupiter putea foarte bine să împiedice gruparea asteroizilor.

48. ASTEROIZII EXISTĂ DOAR ÎN CENTURA DE ASTEROIZI?

Există mii și mii de asteroizi, majoritatea foarte mici — ca niște movile în derivă. Chiar dacă la început se aflau doar în centura de asteroizi nu era obligatoriu să rămână acolo. În timp ce se rotesc în jurul Soarelui, ei sunt afectați de atracția gravitațională a celorlalte planete, în special de cea a gigantesicei Jupiter. Unii pot trece de orbita lui Jupiter și ies din

sistemul solar, iar alții se deplasează către interior, trecând de orbita lui Marte. Cu cât se deplasează mai departe, asteroizii sunt mai greu de observat și studiat, așa că nu știm prea multe despre cei îndepărtați. Pe de altă parte, cei care se apropie dincoace de orbita lui Marte sunt mai vizibili și pot fi studiați, dar devin, după cum vă puteți da seama, mai periculoși pentru noi.

În 1898, un astronom german, Gustav Witt, a descoperit un asteroid a cărui orbită îl purta dincoace de traiectoria lui Marte și l-a numit Eros. (De regulă asteroizii sunt botezați cu nume feminine, dar cei care au orbite deosebite au primit nume masculine.) Atunci când Eros și Pământul se află în anumite puncte de pe orbitele lor, sunt separați doar de 22,5 milioane de kilometri, ceea ce înseamnă puțin mai mult de jumătate din distanța cea mai mică la care se apropie Venus. Astfel Eros se apropie de Pământ mai mult decât orice obiect cosmic cunoscut, cu excepția Lunii. În 1931, acest asteroid a trecut la 26 de milioane de kilometri față de Pământ.

O asemenea distanță este destul de sigură, este extrem de improbabil ca orbita lui să se modifice vreodată atât de mult încât să se ciocnească de Pământ, iar asta e bine, deoarece diametrul său mediu este cam de 16 kilometri. O coliziune cu Eros n-ar afecta neapărat Pământul în sine, dar ar fi o catastrofă pentru viața de pe planeta noastră.

Din păcate, Eros nu este singurul asteroid de acest gen. În perioada scursă din 1898 până în prezent, au fost descoperiți un număr de asteroizi (majoritatea cu diametre de numai 1 sau 2 kilometri), care se apropie chiar mai mult decât Eros. Actualmente sunt cunoscuți cel puțin cincizeci de asemenea „vizitatori” și în fiecare an se mai descoperă câțiva.

Meteorii la care m-am referit mai devreme sunt exemple miniaturale de astfel de asteroizi vagabonzi. Ei nu produc prea multe stricăciuni, dar, mai devreme sau mai târziu, unul dintre vizitatorii mai mari ai Pământului va sfârși prin a izbi planeta. De fapt, conform unor estimări, o astfel de coliziune catastrofală se produce, în medie, o dată la

fiecare 100 de milioane de ani. Dacă este așa, atunci s-ar fi putut produce peste treizeci de coliziuni de când există viață pe Pământ. Cinci sau șase dintre ele puteau avea loc de când există forme complexe de viață în apă și pe uscat.

Oare există urme ale unor astfel de catastrofe?

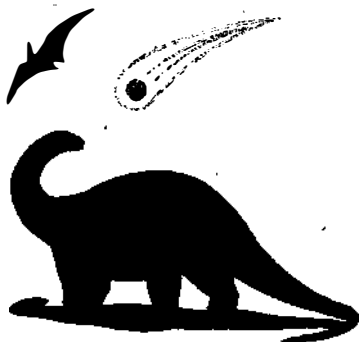
Cu 65 de milioane de ani în urmă s-a produs pe Pământ o schimbare care a dus la dispariția bruscă a dinozaurilor, alături de alte genuri de plante și animale, mari și mici. Până în 1980, nimeni nu știa sigur ce s-a întâmplat, existau numeroase teorii, dar nici una nu era convingătoare. În 1980

însă, savantul american Walter Alvarez a executat o analiză de mare finețe asupra unor straturi de roci vechi de 65 de milioane de ani. El a constatat că acestea aveau un conținut de douăzeci și cinci de ori mai bogat în metalul rar *iridiu*, comparativ cu straturile puțin mai vechi sau mai recente. Ceva a impregnat rocile cu

iridiu, exact atunci când au dispărut dinozaurii. Acest lucru nu s-a produs doar în locul în care s-a întâmplat să lucreze Alvarez, pentru că îmbogățirea cu iridiu a straturilor geologice cu aceeași vechime a fost constatată în întreaga lume.

Ce s-a întâmplat? Alvarez a explicat fenomenul, pornind de la faptul că iridiul este mult mai des întâlnit în meteoriți decât în scoarța terestră (Pe Pământ, această substanță este concentrată aproape toată în nucleul metalic).

Se pare deci că acum 65 de milioane de ani s-a produs o ciocnire de mare amploare, care a vaporizat meteoritul și mulți kilometri cubi din scoarța Pământului, datorită cantității enorme de căldură generate de impact. În atmosferă au fost azvârlite mari cantități de praf, care au obturat lumina Soarelui



pentru o perioadă îndelungată și au produs o lungă iarnă care a stins multe forme de viață

Este posibil să se fi produs de asemenea cutremure, erupții vulcanice, inundații, incendii pe mari suprafețe de păduri, și așa mai departe. O mare parte dintre ființele vii, în special animalele mari, au dispărut. Formele de viață mai mici sau poate ceva mai norocoase, au reușit totuși să supraviețuiască și să o ia de la început

Există semne care arată că așa ceva s-a petrecut periodic, pe parcursul istoriei Pământului. Din când în când, se produce o catastrofă care stinge o mare parte din viața planetei. Este posibil ca acest lucru să constituie o parte importantă a evoluției, deoarece permite dezvoltarea și extinderea unor noi forme de viață. De pildă, mamiferele au existat cu zeci de milioane de ani înainte de marea catastrofă, dar nu puteau concura cu giganticii dinozauri, erau mici și neimportante. Abia după ce impactul meteoritului a înlăturat dinozaurii, a apărut șansa dezvoltării explozive a mamiferelor, din care s-au dezvoltat multe dintre formele avansate de viață care există în prezent — inclusiv noi

În cazul unei alte coliziuni de acest gen, dacă nu vom reuși să plecăm până atunci, întreaga rasă umană ar putea fi distrusă, lăsând poate planeta altei forme de viață, ca să scrie o nouă pagină a istoriei Pământului. Cel puțin până în prezent nu s-a produs nici o coliziune care să sterilizeze complet Pământul, dar nu putem fi siguri că o astfel de catastrofă cumplită este absolut imposibilă

49. CE SUNT COMETELE?

În afară de asteroizi și meteoriți mai există un gen de obiecte cosmice care se pot apropia de Pământ — *cometele*. Este posibil ca marea extincție a dinozaurilor de acum 65 de milioane de ani să se fi datorat unei comete și nu unui

asteroid. Explozia din Siberia centrală, produsă în 1908, putea fi și ea efectul unei așchii dintr-o cometă și nu al căderii unui meteorit. Atunci, ce este o cometă?

Cometele sunt mult mai vizibile decât meteoriții. Nu se văd doar ca puncte luminoase care apar și dispar în câteva secunde, ci sunt obiecte strălucitoare, destul de mari uneori, care rămân pe cer săptămâni la rând. În trecut produceau multă spaimă. În timp ce stelele și planetele urmau traiectorii bine stabilite și mișcările lor puteau fi prezise, cometele păreau obiecte apărute întâmplător, care veneau de nicidecum, străbăteau cerul noapte după noapte și, în final, dispăreau. Oamenii care credeau că stelele formează pe cer figuri, desene care prezic viitorul, vedeau în comete un fel de mesaje unicat, transmise de o zeitățe furioasă.

Gândul că o cometă este purtătorul veștilor rele și al celor bune părea să fie confirmat de aspectul cometei, care se înfățișa ca o sferă de lumină difuză, cu o coadă lungă care se întinde lateral. Oamenii cu multă imaginație credeau că această formă reprezintă capul unei femei în doliu, care-și strigă lamentațiile de jale traversând cerul, cu părul despletit fluturând în urma ei (într-adevăr, termenul *cometă* provine din cuvântul grecesc însemnând *păr*), alții o vedeau ca pe o spadă. Oricare variantă era interpretată ca moarte și nenorocire și ați putea spune că era adevărat, deoarece de câte ori a apărut o cometă, s-a produs un dezastru. Desigur, au existat catastrofe și atunci când *n-au* apărut comete, dar oamenii par să nu observe acest lucru.

Au existat și oameni care au încercat să privească rațional acest fenomen. Deoarece considera cerul ca fiind perfect și imuabil, Aristotel găsea că obiectele temporare și schimbătoare nu-și au locul pe firmament. De aceea, pentru el cometele erau doar gaze care ardeau undeva în straturile înalte ale atmosferei terestre, ca flăcările albastrui ce apar uneori deasupra zonelor mlăștinoase. Această teorie era incorectă, dar încerca măcar o interpretare rațională. Cu toate astea, n-a reușit să-și convingă concetățenii să renunțe

la spaimile prostești (Chiar și în secolul douăzeci, mai există oameni care se tem de comete, după cum unii încă mai cred că Pământul este plat. Totuși, întrucât din 1910 n-au mai apărut comete cu adevărat spectaculoase, spaima n-a avut prilej de manifestare)

Primul om de știință care a studiat cometele cu detașare științifică a fost astronomul german Regiomontanus (1436-1476), care a urmărit și a înregistrat noapte de noapte poziția pe cer a unei comete ce a apărut în 1473. În 1540, un astronom german, Petrus Apianus (1495-1555) a publicat o carte în care descria cinci comete diferite. În această lucrare, el arăta că, în fiecare caz, coada cometei era îndreptată în direcția opusă Soarelui. Aceasta a fost prima observație științifică făcută asupra unei comete, în afară de consemnarea poziției sale pe cer.

În 1557, Tycho Brahe a încercat să determine paralaxa unei comete strălucitoare care a apărut în acel an, dar n-a reușit, paralaxa nu era suficient de mare ca să poată fi măsurată, deși în cazul Lunii această măsurătoare era posibilă. Asta însemna că distanța până la cometă era mult mai mare decât cea până la Lună. Deci Aristotel greșise, cometele nu apăreau în atmosfera terestră, ci departe, în spațiul cosmic.

După ce Newton a elaborat legea gravitației, părea firesc să se aplice și cometelor, ca oricărui alt obiect din spațiu. Cometele trebuiau să fie și ele supuse atracției gravitaționale a Soarelui și deci să se rotească în jurul acestuia. Necazul era că în timp ce planetele se deplasau pe orbite eliptice foarte apropiate de forma circulară, cometele păreau să aibă orbite foarte alungite. Poate că intrau doar o dată în sistemul solar, înconjurau Soarele și apoi plecau, fără a mai reveni vreodată.

De această problemă s-a ocupat savantul englez Edmund Halley, unul dintre prietenii lui Newton. El a studiat consemnările mai vechi despre comete și a constatat că în anii 1456, 1531 și 1607 cometele observate au urmat aceeași traiectorie pe cer ca și cometa din 1682, pe care o studiasese personal. Și-a dat astfel seama că era vorba de aceeași

cometă, care revenea la fiecare șaptezeci și șase de ani în acea porțiune foarte alungită a traiectoriei sale ce o aducea în apropierea Pământului și a Soarelui

Halley a anunțat că aceeași cometă va reveni în 1758. N-a trăit ca să-și vadă previziunea confirmată, dar cometa a revenit aproape așa cum era așteptată, la începutul anului 1759, și de atunci a fost numită *cometa Halley*. Apariția ei cea mai recentă datează din 1986, dar n-a trecut foarte aproape de Pământ și deci nu a avut un aspect spectaculos. Descoperirea lui Halley a înlăturat o mare parte din misterul cometelor și, timp de câteva decenii, a fost o adevărată concurență printre astronomi, care încercau să descopere noi comete și să le calculeze orbitele.

50. DE CE AU COMETELE ASPECT DIFUZ?

Chiar și după ce cometele s-au dovedit a fi elemente obișnuite ale sistemului solar și supuse legilor gravitației, au rămas totuși învăluite în mister. Celelalte obiecte din sistemul solar sunt corpuri solide, delimitate clar și fără cozi, în timp ce cometele au un aspect difuz și cozi impresionante. Majoritatea corpurilor cerești din sistemul solar, cum ar fi Mercur, Luna, asteroizii și aproape toți sateliții sunt blocuri de materie solidă lipsite de atmosferă și sunt desigur delimitați clar, ca orice bulgăre de piatră sau metal de pe Pământ. Planetele gigantice au atmosfere gazoase, cum au și Pământul, Venus și Marte, ba chiar și doi dintre sateliții mai mari. Aceste învelișuri de vapori și gaze sunt reținute de către atracția gravitațională și nu se confundă cu corpul solid, sau formează straturi noroase dense, care sunt la rândul lor delimitate clar.

Cometele nu seamănă cu celelalte corpuri, deoarece structura lor chimică diferă. (Ați putea întreba imediat de unde știu astronomii care este structura chimică a unui

obiect îndepărtat, dar acesta este un subiect de care ne vom ocupa mai târziu) Deși cometele sunt obiecte mici, ca și asteroizii, nu se compun din roci și metale, ci din substanțe *volatile* (care se vaporizează ușor), care pe Pământ s-ar prezenta sub formă de gaze sau lichide, dar care, la temperaturi scăzute, se condensează și se solidifică. Cea mai obișnuită dintre aceste substanțe volatile este chiar apa, prezentă pe comete, ca și pe Pământ. Forma în care se găsește pe comete este cea solidă, adică de gheață. Alte substanțe volatile, cum ar fi amoniacul și cianogenul, se pot solidifica și prezintă aspectul apei înghețate, ele constituie bulgări de gheață cu diverse compoziții.

Cometele sunt formate din gheață, alături de granule de metal și diverse roci, care înconjoară probabil un nucleu solid. Această structură a fost prezentată în 1949 de către astronomul american Fred Whipple (născut în 1911), care a denumit cometele „bulgări de zăpadă murdară”. Atâta vreme cât aceste substanțe se află departe de Soare, sunt înghețate și au aspect compact, la fel ca asteroizii, deși sunt prea departe de noi pentru a le putea observa și studia. Însă pe măsură ce se apropie de Soare, căldura primită începe să evapore o parte din gheață și eliberează o parte din praful pe care îl conține. Nucleul solid al cometei este astfel înconjurat de un nor de gaze și praf. Particulele de praf reflectă lumina, înconjurând cometa cu o ceață strălucitoare, *coama cometei*, care-i dă un aspect difuz.

Soarele emană în permanență în toate direcțiile particule încărcate electric, care formează vântul solar. Este un vânt foarte slab, dar destul de puternic pentru a împinge norul de praf și gaze în urma cometei, formând o coadă lungă și luminoasă, orientată întotdeauna pe direcția opusă Soarelui.

51. CE SE ÎNTÂMPLĂ CU COMETELE?

Cometele nu sunt obiecte permanente, ca planetele sau asteroizii. Atunci când o cometă călătorește în jurul Soarelui, o parte din ea se evaporă, pierde gaze pe care nu le mai recuperează vreodată. Uimitor este faptul că nu se evaporă întreaga cometă, dispărând în cumplita îmbrățișare a Soarelui și, de fapt, chiar așa s-ar întâmpla dacă ar sta prea mult în apropierea Soarelui. În schimb, cometa trece rapid și se îndepărtează, înainte de a se evapora.

Prin topirea și vaporizarea gheții se eliberează particulele de praf, dintre care o parte rămân și formează o crustă pe suprafața cometei. Sondele care au ajuns în apropierea cometei Halley în 1986 au arătat că suprafața ei era înnegrită de praf. Această crustă acționează oarecum ca un izolator, reducând evaporarea.

Cu toate astea, o parte din materialul din compunerea cometelor se pierde la fiecare trecere pe lângă Soare și de aceea existența lor este efemeră. Chiar și cele mai mari dintre ele dispar după câteva sute sau poate mii de treceri pe lângă Soare.

Astronomii au asistat la prăbușirea definitivă pe Soare a unor comete mai mici, în timp ce altele s-au sfărâmat și au dispărut. Unele comete lasă în urma lor un nucleu pietros, care seamănă perfect cu un asteroid. Altele se transformă în fantome de comete. După ce gazele se vaporizează și se împrăștiu în spațiu, particulele de praf eliberate prin evaporare continuă să se miște pe orbita cometei, împrăștiindu-se și împuținându-se, dar rămânând mai grupate în jurul locului unde a fost cândva cometa.

La 13 noiembrie 1833 s-a produs coliziunea Pământului cu un astfel de nor central al unei comete moarte. Pământul n-a fost afectat, aspectul fenomenului a fost însă minunat, pentru că în New England cerul a fost inundat de artificii. Nenumărate particule au pătruns în atmosferă și au început

să strălucească precum o ninsoare de lumină care nu atingea Pământul. Martorii fascinați aveau impresia că toate stelele de pe cer au pornit să cadă, și cum Apocalipsa spune că în Ziua Judecării stelele vor cădea de pe cer, au fost probabil printre ei destui care au crezut că a venit sfârșitul lumii. A doua zi însă, Soarele a răsărit ca de obicei, iar în noaptea următoare toate stelele erau la locul lor pe cer.

Există mai multe perioade din an când numărul meteoriților este mai mare decât de obicei, dar spectacolul din 1833 nu s-a mai repetat niciodată, deși a constituit un imbold pentru studierea meteoriților.

52. DE UNDE VIN COMETELE?

Dacă viața cometelor este scurtă, iar ele tind să se sfărâme și să dispară, lăsând în urma lor un nucleu pietros sau niște praf, de ce mai există încă? Cum de n-au dispărut toate în cele 4,6 miliarde de ani de când există sistemul nostru solar?

Dacă analizăm această problemă, nu par să existe decât două răspunsuri posibile: fie se formează noi comete, la fel de rapid cum dispar cele vechi, fie există atât de multe, încât nu s-au consumat toate, chiar în 4,6 miliarde de ani. Prima posibilitate nu pare să fie prea probabilă, pentru că astronomii nu-și pot imagina cum s-ar putea putea forma noi comete.

Rămâne cea de-a doua alternativă. În 1950, un astronom olandez, Jan Hendrik Oort (născut în 1900) a sugerat că la formarea sistemului solar marginile îndepărtate ale vastului nor de praf și gaze care s-a condensat nu erau suficient de puternic influențate de atracția gravitațională a centrului îndepărtat pentru a se acumula și a fi cuprinse în procesul

de comprimare. În timp ce zonele interioare s-au condensat, cele marginale au rămas pe loc și au suferit un proces restrâns de compactare, formând cam 100 de miliarde de blocuri din materie înghețată. Acest nor, aflat departe de grupul planetar, dar sub influența gravitației Soarelui depărtat, este numit *norul Oort*, în onoarea astronomului care l-a teoretizat existența. Nimeni n-a văzut încă norul și n-a fost detectat în nici un fel, dar deocamdată constituie singura explicație care justifică existența până în prezent a cometelor.

Se pare că elementele care constituie acest nor se deplasează lent, dar constant, pe orbite ample în jurul Soarelui, încheind o rotație completă în câteva milioane de ani. Din când în când, fie ca urmare a unei coliziuni între două comete, fie sub influența atracției gravitaționale a stelelor mai apropiate, traiectoria unei comete se modifică. Poate începe să se miște tot mai rapid, caz în care orbita ei se depărtează de Soare și este posibil să iasă definitiv din sistemul solar. Dacă își încetinește mișcarea, cade spre planetele interioare ale sistemului solar și ajunge să treacă prin apropierea Soarelui, caz în care poate apărea pe cerul Pământului ca un spectacol magnific și, deoarece își menține noua orbită (dacă nu se produce modificarea ei sub influența atracției planetelor), până la urmă se evaporă și pierе.

Oort a estimat că pe durata de viață a sistemului solar o cincime din numărul total al cometelor au fost fie expulzate în exterior, fie atrase în zonele interioare și vaporizate. Asta înseamnă totuși că au rămas patru cincimi din rezerva originală ca să servească drept sursă pentru noile comete.

53. LA CE DISTANȚĂ SE AFLĂ SOARELE?

M-am referit la distanțele dintre planete atunci când am prezentat modul cum au fost descoperiți asteroizii, la vremea

aceea distanțele respective erau cunoscute Totuși, timp de aproape optsprezece secole după ce Hipparchus a calculat distanța până la Lună, aceasta a rămas *singura* distanță cunoscută, pentru că pur și simplu nu se putea măsura paralaxa unui obiect mai îndepărtat

Astronomul grec Aristarchus a făcut, așa cum am arătat mai sus, o încercare de a determina distanța până la Soare, fără a folosi metoda paralaxei Metoda folosită de el în anul 270 î.e.n. era perfect corectă în teorie, dar el nu putea măsura cu precizie unghiurile, iar aproximațiile pe care le-a făcut erau eronate Concluzia sa a fost că Soarele se află la aproximativ 8 milioane de kilometri distanță de Pământ și are diametrul de șapte ori mai mare decât cel terestru

Era o subestimare grosolană, dar aceasta l-a făcut pe Aristarchus să creadă că Pământul se rotește în jurul Soarelui și nu invers Nimeni n-a luat însă nici cifrele și nici concluzia lui în serios

Totuși, la începutul secolului al XVII-lea, după descoperirea telescopului, a devenit posibilă determinarea poziției unui obiect ceresc cu mai multă precizie (în special după dispunerea unui reticul¹ în fața lentilelor) Asta însemna că o schimbare infimă a poziției unui obiect, o paralaxă minusculă care nu putea fi măsurată cu ochiul liber, putea fi acum măsurată cu ajutorul telescopului Nu era însă necesară măsurarea paralaxei pentru a putea determina distanța până la Soare Această măsurătoare ar fi fost într-adevăr foarte dificilă, deoarece poziția precisă a discului solar este aproape imposibil de reperat, în special datorită faptului că nu există stele vizibile pe cer care să poată fi folosite ca elemente de referință



¹ *Reticul* ansamblu de linii și/sau gradații din unele sisteme optice pentru măsurarea distanțelor, unghiurilor, etc (n.t.)

Paralaxa putea fi în schimb determinată pentru orice planetă. Mulțumită modelului de sistem solar elaborat de Kepler, considerat și astăzi ca fiind corect, distanța până la orice planetă aflată într-un punct de pe orbita ei putea fi folosită pentru a calcula distanțele dintre celelalte planete, de la planete până la Soare sau până la Pământ. În particular, această informație se putea folosi pentru a calcula distanța dintre Pământ și Soare.

În 1672, astronomul francez de origine italiană Gian Domenico Cassini a notat poziția exactă a planetei Marte pe cerul Parisului. În același moment, în îndepărtata Guyana Franceză, un alt astronom francez, Jean Richer (1630-1696) a măsurat poziția aceleiași planete pe cer. Cele două poziții erau ușor diferite în raport cu stelele îndepărtate. Cunoșcând distanța dintre Paris și Guyana Franceză (în linie dreaptă, prin globul terestru) și valoarea paralaxei, astronomii au calculat distanța dintre Marte și Pământ, ca și distanțele dintre celelalte corpuri din sistemul solar. Valorile obținute astfel de Cassini erau cam cu 7 procente mai mici decât cele corecte, dar era un rezultat excelent pentru o primă încercare, iar cu timpul s-au adus desigur îmbunătățiri. Știm acum că Soarele este la peste 150 de milioane de kilometri de Pământ, adică de peste 400 de ori mai departe decât Luna.

Pentru ca Soarele să pară atât de mare în ciuda distanței enorme, trebuie să aibă un diametru de 1,4 milioane de kilometri, adică de 109 ori diametrul Pământului, într-adevăr enorm. Această concluzie a făcut mult mai logică ipoteza că Pământul se rotește în jurul gigantului Soare și nu invers, așa cum se credea inițial.

Mai mult, măsurătoarea Cassini (completată cu corecțiile moderne) a arătat că Saturn, care era cea mai îndepărtată planetă cunoscută la acea vreme, se află la 1,427 milioane de kilometri față de Soare, adică de 9,5 ori mai departe decât Pământul. Lungimea orbitei lui Saturn este de peste 2,8 miliarde de kilometri. Astfel, în 1672 astronomii și-au dat pentru prima dată seama cât de mare este sistemul

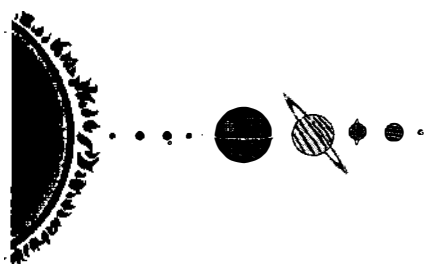
solar Dimensiunile lui depășeau cu mult cele mai exaltate vise ale lui Aristarchus sau Hipparchus, iar în cele trei secolele care s-au scurs de atunci, așa cum vom vedea mai departe, universul cunoscut s-a întins cu mult mai mult, reducând universul lui Cassini la dimensiunile unui vârf de ac, aproape invizibil

54. PĂMÂNTUL ESTE MARE?

Până în secolul al XVII-lea nimeni n-ar fi visat măcar să-și pună această întrebare, din moment ce răspunsul părea atât de evident. Desigur, Pământul este mare. De fapt, pentru oamenii din vechime, Pământul era de departe cel mai mare obiect existent în universul material, pentru că toate celelalte păreau doar mici puncte fixate pe firmament sau pe sferele interioare. Chiar și atunci când s-a determinat în sfârșit mărimea Lunii, aceasta s-a dovedit a fi mai mică decât Pământul, iar opinia generală era la acea vreme că toate corpurile cerești sunt mai mici decât Pământul.

După ce proporțiile sistemului solar au fost determinate de către Cassini, orgoliul uman (cel puțin acea parte legată de dimensiunile planetei) a fost serios zdruncinat. Devenise clar faptul că, în comparație cu Soarele, Pământul este o lume miniaturală. Dar Soarele poate fi privit ca o excepție. La urma urmei, este corpul central, în jurul căruia orbitează toate planetele, așa că trebuie să fie impresionant. Întrebarea era: cum este Pământul în comparație cu celelalte planete din sistemul solar? Diametrele reale ale planetelor pot fi estimate în funcție de distanțele la care se află și de mărimea lor aparentă. Dintre planetele interioare, Venus este cea mai mare: diametrul ei este doar puțin mai redus decât al Pământului, în timp ce Marte, Mercur și Luna sunt considerabil mai mici. Toți sateliții sunt de asemenea mult mai mici decât Pământul, ca și asteroizii și cometele.

De fapt, ca să găsim în sistemul planetar un obiect mai mare decât Pământul trebuie să ne îndreptăm atenția către Jupiter și Saturn. Aici urmează adevăratul șoc. După ce distanțele dintre planete au ajuns să fie



cunoscute, din diametrul aparent al lui Jupiter a rezultat o mărime reală enormă, diametrul său este de 143 200 de kilometri, adică de 11,2 ori mai mare ca cel al Pământului. Saturn este aproape la fel de mare, având un diametru de 120 000 de kilometri. Sunt planete gigantice, care fac Pământul să pară insignifiant prin comparație.

Aceasta a fost o grea lovitură pentru orgoliul uman. Nu numai că Pământul *nu era* centrul universului, nu numai că Soarele era enorm în comparație cu Pământul, dar mai existau încă două planete care o făceau pe a noastră să pară pitică. Desigur, valoarea unei lumi nu trebuie judecată numai după mărime, dar transformarea în ceva minuscul nu era ușor de acceptat.

Mai mult, nu se putea spune că Jupiter și Saturn sunt mari, dar rarefiate. Fiecare dintre cele două planete are sateliți, care orbitează la distanțe și în perioade de timp care erau cunoscute. Cu cât se rotește mai rapid un satelit aflat la o distanță dată de planetă, cu atât atracția gravitațională este mai puternică și, în consecință, rezultă că și masa este mai mare. Comparând mișcările sateliților lui Jupiter și Saturn cu cea a Lunii, a ieșit la iveală faptul că Jupiter are o masă de 317,9 ori mai mare decât a Pământului, în timp ce a lui Saturn este de 95,2 ori mai mare.

Cu toate astea, cele două planete nu sunt atât de masive cum ar fi de așteptat după dimensiunile lor. Dacă facem raportul dintre masa și volumul fiecăreia, rezultă că densitatea medie a lui Jupiter este de 1,33 grame pe centimetru cub, ceea ce înseamnă sub un sfert din densitatea terestră, iar

Saturn are doar 0,71 grame pe centimetru cub, cam o optime din densitatea Pământului, fiind de fapt mai puțin dens ca apa. Asta înseamnă că Jupiter și Saturn au compoziții mult diferite de cea terestră, aspect asupra căruia vom reveni

55. EXISTĂ PLANETE PE CARE OAMENII DIN VECHIME NU LE CUNOȘTEAU?

Asteroizii, pe care i-am descris deja, deși sunt mici, constituie totuși planete care se rotesc în jurul Soarelui, iar despre ei nu s-a știut nimic până în 1801. Am putea deci să reformulăm întrebarea, ca să aflăm dacă există planete *mari*, despre care oamenii din vechime nu știau.

Până spre sfârșitul secolului al XVIII-lea, aceasta era încă o întrebare pe care n-ar fi pus-o nici o persoană cu bun simț. Încă din vremea sumerienilor, în anul 3 000 î.e.n., erau deja cunoscute cele șapte „stele călătoare”, adică Soarele, Luna, Mercur, Venus, Marte, Jupiter și Saturn. Pe parcursul următorilor 4 700 de ani n-au mai fost observate alte obiecte care să călătorească printre stele (cu excepția cometelor). Cum să mai existe planete nedescoperite? Doar planetele cunoscute erau strălucitoare și inconfundabile, deci toate trebuiau să fie la fel și deci ar fi fost lesne de găsit. Concluzia era, deci, că nu mai există altă planetă.

Și totuși, planetele nu sunt obiecte strălucitoare care să emită lumină proprie, așa cum îndeobște se credea, încă de pe vremea sumerienilor. Prima a fost Luna, ale cărei faze i-au făcut pe greci să constate că este un corp întunecat. Mai târziu, folosind telescopul, s-a dovedit că Mercur și Venus aveau și ele faze și deci sunt corpuri întunecate. Astfel, s-a presupus că toate planetele sunt lipsite de lumină proprie și strălucesc reflectând-o pe cea solară.

În acest caz, se poate afirma că lumina primită de o planetă este cu atât mai puțină, cu cât distanța față de Soare este mai mare și deci luminozitatea aparentă pe cer va fi la rândul ei cu atât mai mică. Dacă dincolo de Saturn mai existau alte planete, cu dimensiuni mai mici, erau atât de puțin luminoase, încât puteau lesne să treacă neobservate de către astronomii care se așteptau ca toate planetele să strălucească. Pe lângă asta, cu cât o planetă este mai departe de Soare, cu atât se deplasează mai lent pe orbită, așa că mișcarea ei pe fondul stelelor este și mai greu de observat.

Prin prisma cunoștințelor noastre actuale, toate acestea par foarte limpezi, dar astronomii, chiar și după apariția telescopului, erau atât de obișnuiți cu ideea că toate planetele trebuie să strălucească, încât nu s-au gândit să caute un corp obscur, a cărui existență nici măcar n-o credeau posibilă.

Atunci când a fost în sfârșit descoperită o nouă planetă, în 1781, acest lucru s-a produs accidental. William Herschel (cel care a propus pentru prima oară termenul de *asteroid*) era de profesie muzician, dar se ocupa cu astronomia în timpul liber. El a încercat să-și cumpere un telescop și, constatând că erau prea scumpe pentru el și nu foarte bune, și-a construit singur un astfel de instrument, care s-a dovedit a fi mai bun decât toate cele existente la acea vreme. Cu acest telescop meșterit de el, a observat pe cer un obiect care arăta ca un mic disc luminat, la fel ca planetele. La început nu și-a dat seama că ar putea fi vorba de o planetă și a presupus că este o cometă. Dar cometele sunt difuze, iar acel disc avea margini bine conturate și se mișca mai încet decât Saturn pe fondul stelelor, ceea ce însemna că se află mai departe decât Saturn. De fapt, era o nouă planetă, care a fost numită Uranus. Aceasta este de două ori mai departe de Soare în comparație cu Saturn — la 2,87 miliarde de kilometri — și atât de întunecată, încât abia se zărește cu ochiul liber.

De atunci au mai fost descoperite încă două planete, aflate și mai departe de Soare decât Uranus — de fapt, se află atât de departe, încât sunt prea întunecate ca să poată

fi văzute cu ochiul liber și nu aveau cum să fie descoperite înainte de inventarea telescopului. Planeta aflată imediat după Uranus a fost descoperită în 1846 și a fost numită Neptun, iar în 1930 s-a mai descoperit o mică planetă aflată și mai departe, numită Pluto. Diametrul maxim al orbitei sale este de circa 12 miliarde de kilometri așa că, în comparație cu zilele de dinainte de Herschel, când Saturn era considerată planeta cea mai îndepărtată, noile descoperiri au mărit de aproape patru ori dimensiunile sistemului solar cunoscut.

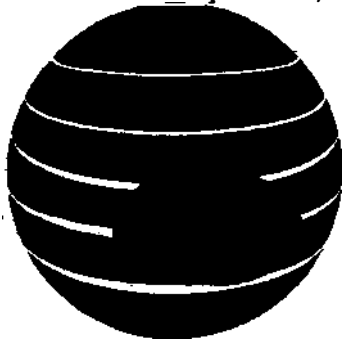
Uranus și Neptun sunt planete gigantice, deși nu ating dimensiunile lui Jupiter sau pe ale lui Saturn, dar având diametre de circa 50 000 de kilometri, adică de peste 3½ mai mari decât al Pământului. Uranus are o masă cam de 15 ori mai mare decât cea a Pământului, în timp ce a lui Neptun este de 17 ori mai mare. Densitatea celor două planete este aproximativ egală cu cea a lui Jupiter. Rezultă deci că Pământul este doar a șasea planetă ca mărime, din sistemul solar cunoscut în prezent, Soarele și cele patru planete, Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun sunt toate mult mai mari. Astronomii continuă să caute o altă planetă mare aflată dincolo de Neptun (Pluto este atât de mică, încât abia poate fi pusă la socoteală), dar deocamdată n-au mai găsit nici una.

56. PRIN CE DIFERĂ PLANETELE GIGANTICE?

Cele patru planete mari din zona exterioară a sistemului solar diferă sub multiple aspecte de Pământ și de lumile familiare din zona interioară. În primul rând, este vorba despre densitatea lor scăzută, care arată că sunt constituite din cu totul alte substanțe decât Pământul, după cum vom vedea mai târziu. Toate au atmosferă de grosime apreciabilă,

cu straturi permanente de nori care sunt vizibile ca *suprafața* planetelor respective (nu vedem *scoarța* solidă)

Fiind cea mai apropiată de Soare, Jupiter primește cea mai multă energie, atmosfera ei fiind de aceea agitată de furtuni cumplite. Cea mai importantă dintre ele este un ciclon cu aspect permanent, mai mare decât Pământul, numit *Marea Pată Roșie*, din cauza culorii sale. Acest fenomen a fost observat pentru prima oară în 1664 de către savantul englez Robert Hooke (1635-1703).



Saturn și Uranus sunt mai liniștite decât Jupiter, dar pe Neptun, cel mai îndepărtat dintre cei patru giganti, sonda *Voyager 2* a găsit în 1989 vânturi la fel de intense ca cele de pe Jupiter. Savanții n-au clarificat încă motivul acestui fenomen. Planeta are și ea o *Mare Pată Neagră*, similară ca formă și poziție cu cea de pe Jupiter. (De fapt, Jupiter este adevăratul gigant, deoarece conține 70% din masa totală a planetelor din sistemul solar.)

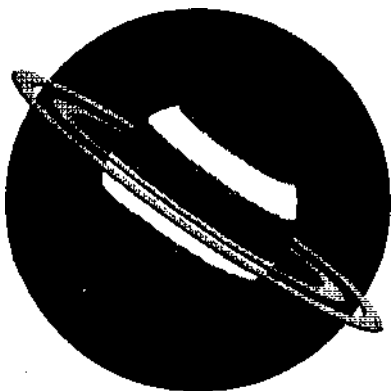
Planetele gigantice au toate sateliți. Majoritatea acestora sunt destul de mici, dar Jupiter are patru, descoperiți de Galileo în 1610, care ating sau depășesc dimensiunile Lunii. Saturn are unul, Titan, descoperit în 1655 de către Huygens. Neptun are și el unul, Triton, descoperit în 1846 de către astronomul britanic William Lassell (1799-1880).

Dintre cele patru planete, Uranus are cel mai ciudat tip de rotație. Toate planetele au axe mai mult sau mai puțin înclinate față de planul orbitei lor. Pământul, de pildă, are o înclinație a axei de circa un sfert de cadran, ca și Saturn și Neptun. Axa lui Jupiter este aproape lipsită de înclinație. Uranus în schimb are axa atât de înclinată, încât pare aproape paralelă cu planul orbitei. Mișcarea sa de revoluție durează optzeci și patru de ani, așa că într-un anumit punct de pe orbită polul nord al planetei se află direcționat spre Soare,

iar după patruzeci și doi de ani polul sud este îndreptat spre Soare. Se presupune că planetele au ajuns în aceste poziții în urma ciocnirilor întâmplătoare suferite în perioada formării din planetesimale, care au produs diferite unghiuri de înclinare. În cazul lui Uranus trebuie să se fi produs un flux deosebit de neuniform al ultimelor planetesimale, ceea ce a dus la înclinarea axei de rotație.

Cu toate acestea, cel mai deosebit dintre cei patru giganți este Saturn. Atunci când Galileo și-a îndreptat pentru prima oară micul său telescop către această planetă, cea mai îndepărtată dintre cele cunoscute în acel moment, n-a putut să o observe prea bine. Și totuși, i s-a părut oarecum bombată lateral, pe ambele părți. Era oare o planetă triplă? Nu părea ceva firesc și în 1612 a renunțat să mai facă observații asupra ei. În 1614, un astronom german, Cristoph Scheiner (1575-1650), urmărindu-l pe Saturn prin telescopul său, a ajuns la concluzia că nu era vorba de o bombardare laterală a planetei, ci de un fel de seceră, de parcă ar fi avut pe fiecare parte câte o toartă ca de ceașcă. Misterul n-a fost lămurit până în 1655, când Huygens (inventatorul ceasului cu pendulă) a observat un inel plat care înconjură planeta pe la ecuator, fără a o atinge. În 1675, Cassini (cel care a obținut pentru prima oară paralaxa lui Marte), a observat un cerc negru care părea să dividă inelul în două părți concentrice. Această separație poartă până în zilele noastre numele de *interstițiu Cassini*.

Inelele sunt luminoase, chiar mai strălucitoare decât globul planetar și au dimensiuni enorme. Datorită lor Saturn este, după părerea multor observatori, cea mai uimitoare și mai frumoasă priveliște ce poate fi văzută prin telescop. Distanța între două extremități opuse ale inelelor lui Saturn este de 272 000 de kilometri. În



acest spațiu ar putea să încapă $21\frac{1}{2}$ globuri terestre. Diametrul inelelor este de peste două ori mai mare decât al planetei, dar sunt foarte înguste, de forma unui disc, și adaugă foarte puțin la masa totală a lui Saturn.

Dar ce sunt inelele? Sunt oare discuri de materie solidă? În 1859, matematicianul britanic James Clerk Maxwell (1831-1879) a arătat că, în cazul în care inelele lui Saturn ar fi solide, efectul de maree le-ar deforma puternic în mod ciclic și le-ar rupe. Concluzia sa a fost că inelele sunt constituite din particule disperate și par solide doar din cauza distanței mari, după cum și o plajă arată de parcă ar fi materie compactă și numai din apropiere se observă firele de nisip.

Atunci de ce se află acolo inelele?

În 1850, un astronom francez, Edouard Roche (1820-1883), a încercat să determine efectele apropierii orbitei selenare de Pământ. El a ajuns la concluzia că efectul de maree produs asupra Pământului ar crește invers proporțional cu cubul distanței, așa că micșorarea diametrului orbitei lunare la jumătate ar produce sporirea nivelului mareelor de 2^3 , adică de opt ori cât este în prezent. Dacă distanța ar fi o treime din cea actuală, mareele ar fi de 3^3 , adică de 27 de ori mai puternice.

Roche a demonstrat că pentru o distanță relativă egală cu de 2,44 ori raza Pământului, așa-numita *limită Roche*, mareele produse de Pământ asupra Lunii ar fi suficient de

puternice ca să o sfărâme în bucăți. Cum raza Pământului este de 6 350 de kilometri, pentru a fi sfărâmată, Luna ar trebui să se afle la o distanță de 15 500 de kilometri față de centrul Pământului, adică $\frac{1}{25}$ din distanța relativă actuală (Desigur, dacă Luna ar fi atât de aproape, ar produce și ea pe Pământ marea mai ample, dar cum atracția gravitațională terestră este mai puternică decât cea selenară, efectul acestora ar fi mult diminuat). Dacă în apropierea Pământului, la distanță mai mică decât limita Roche, s-ar afla particule de materie, efectul de maree produs de planetă le-ar împiedica să se grupeze și să formeze un satelit mare, cum este Luna.

Limita Roche se află și în cazul lui Saturn la o distanță egală cu de 2,44 ori raza planetei, adică la 146 400 de kilometri. Inelele sunt incluse complet în această limită, deci materia din care sunt compuse n-a putut niciodată să se concentreze pentru a forma un satelit de dimensiuni mai mari. Cu cât un obiect este mai mic, cu atât efectul de maree produs asupra lui este mai redus, așa că sateliții de dimensiuni mici nu sunt sfărâmați, chiar dacă unii dintre ei se află la distanțe mai mici decât limita Roche.

Astronomii și-au pus timp de mulți ani întrebarea de ce numai Saturn are inele. De ce nu au și celelalte gigante gazoase? În 1977, s-a descoperit că și Uranus are inele. În acel an, atunci când planeta a trecut prin fața unei stele, lumina acesteia a scăzut de câteva ori, până în momentul în care a fost efectiv obturată de corpul lui Uranus, efectul era produs de inele. Acestea sunt totuși atât de subțiri, transparente și reflectă atât de slab lumina, încât nu puteau fi observate de pe Pământ. Atunci când sondele spațiale au ajuns la planetele gigantice și le-au fotografiat, inelele subțiri ale lui Uranus au putut fi văzute cu claritate. A fost, de asemenea, descoperit un inel subțire și în jurul lui Jupiter, iar Neptun s-a dovedit a avea mai multe.

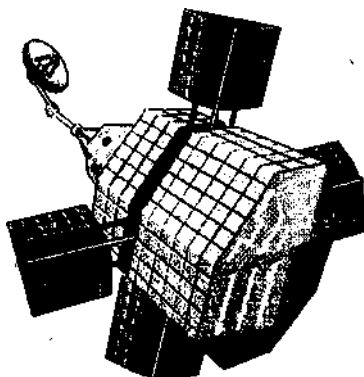
Se pare că toate planetele gigantice au inele, dar de ce ale lui Saturn sunt mult mai late și mai strălucitoare decât ale celorlalte? Există vreo legătură între acest lucru

și densitatea neobișnuit de mică a planetei? Astronomii n-au găsit încă răspunsurile la aceste întrebări

57. EXISTĂ VIAȚĂ PE VENUS?

În ultimele decenii, datorită noilor tehnici legate de undele radio (asupra cărora mă voi opri mai detaliat mai târziu în carte) și sondelor spațiale, am aflat despre planete multe lucruri pe care nu le știam și n-aveam cum să le cunoaștem înainte

De pildă, în 1974 și 1975, sonda spațială, *Mariner 10*, a trecut de trei ori pe lângă Mercur, executând fotografii de fiecare dată. La a treia trecere, s-a apropiat la 327 de kilometri de suprafața planetei. Fotografiiile au arătat un peisaj plin de cratere, foarte asemănător cu cel al Lunii. Au fost fotografiate numai trei optimi din suprafața lui Mercur, iar craterul cel mai mare care era cuprins în această suprafață avea cam 200 de kilometri în diametru



Înainte, se credea că Mercur se rotește în jurul propriei axe într-o perioadă de optzeci și opt de zile, egală cu durata de revoluție în jurul Soarelui, menținând o singură față îndreptată spre astrul zilei. S-a dovedit totuși că durata unei rotații este de cincizeci și nouă de zile, ceea ce înseamnă că la fiecare două revoluții efectuează exact trei rotații

Lipsa totală de aer și apă, precum și temperaturile ridicate de pe Mercur (datorate faptului că planeta se află la o distanță față de Soare egală doar cu două treimi din cea la care se găsește Pământul) fac să pară destul de clar

că acolo nu poate exista viață de tip terestru și probabil nici un fel de viață

Dar Venus? Situația acestei planete pare să fie total diferită. Venus înconjoară Soarele pe o orbită aflată între cea terestră și cea a lui Mercur. Distanța până la Soare este aproape trei sferturi din cea a Pământului, așa că este de așteptat să fie mai cald decât pe Pământ, dar poate nu este chiar insuportabil.

În 1761, savantul rus Mihail Vasilievici Lomonosov (1711-1765) a fost primul care a observat că Venus are o atmosferă. Mai mult, aceasta conține un strat noros dens și permanent, care reflectă aproape trei cincimi din lumina solară incidentă — dublu față de proporția reflectată de Pământ. Acest lucru poate duce într-o oarecare măsură la răcirea planetei, făcând-o astfel potrivită vieții, mai ales că norii păreau să implice prezența apei pe Venus și chiar existența oceanelor.

Ipoteza nebulară a lui Laplace duce la concluzia că Venus s-a separat mai târziu decât Pământul de Soarele în curs de formare, așa că ar putea fi o lume mai tânără. Scriitorii de literatură SF au scris frecvent despre această planetă, descriind-o ca pe un loc în care viața se află într-un stadiu anterior celui terestru, un fel de paradis tropical viermuind de vietăți, în care dinozaurii încă domnesc peste animale.

După 1860, savanții au învățat să analizeze lumina primită de la obiectele strălucitoare, pentru a determina natura substanțelor chimice care le compun (voi explica această metodă mai târziu). Folosind această tehnică, astronomul american Walter Sydney Adams (1876-1956) a detectat bioxid de carbon în atmosfera lui Venus. Întâmplător bioxidul de carbon este mai ușor de detectat decât oxigenul și azotul (componentele majore ale atmosferei terestre), așa că nu este surprinzător faptul că a fost prima substanță descoperită pe Venus. Cu toate astea, în atmosfera noastră bioxidul de carbon deține doar 0,03 procente din total, ceea ce n-ar fi fost suficient pentru o detectare ușoară, așa încât concluzia firească era că Venus s-ar putea să aibă în atmosferă mult mai mult bioxid de carbon decât există în cea terestră.

Importanța acestei descoperiri rezidă în faptul că bioxidul de carbon absoarbe radiațiile infraroșii mult mai mult decât oxigenul și azotul (Radiațiile infraroșii se află dincolo de culoarea roșie a spectrului vizibil și nu pot fi percepute cu ochiul liber, dar sunt detectabile cu ajutorul instrumentelor) Pământul primește căldură din radiația vizibilă a Soarelui, care trece cu aceeași ușurință prin oxigen, azot și bioxid de carbon. Căldura este pierdută noaptea sub formă de radiații infraroșii, care trec prin oxigen și azot, dar sunt absorbite de bioxidul de carbon. Această absorbție duce la încălzirea ușoară a atmosferei, făcând ca planeta să fie mai caldă decât ar fi fost în lipsa bioxidului de carbon. Pe Pământ, acest *efect de seră*, cum este denumit, are o amploare relativ scăzută, datorită concentrației mici de bioxid de carbon. Absorbția atmosferică ridică temperatura Pământului puțin dincolo de limita înghețului și creează condiții pentru existența vieții. Cantitatea suplimentară de bioxid de carbon din atmosfera venusiană poate duce la o încălzire mult mai puternică, ridicând temperatura peste nivelul presupus inițial.

Orice obiect emite unde electromagnetice al căror domeniu depășește limita radiațiilor infraroșii, iar în perioada postbelică astronomii au pus la punct tehnici pentru recepția și analiza undelor provenite de la obiectele din spațiu. În 1956, o echipă de astronomi americani condusă de Cornell H. Mayer a reușit să recepționeze radiațiile emise de fața întunecată a lui Venus. Cu cât un obiect este mai fierbinte, cu atât emite o gamă mai largă de unde electromagnetice, iar energia acestora este mai mare. Mayer a fost uimit de lărgimea gamei și de nivelul energetic al radiațiilor recepționate. Acestea păreau să indice faptul că temperatura depășește cu mult punctul de fierbere al apei, chiar și pe fața întunecată a planetei.

În 1962, sonda *Mariner 2* a trecut foarte aproape de Venus și a măsurat cu precizie radiația electromagnetică emisă de planetă. Măsurătoarea a mai fost executată de atunci și de alte sonde automate, iar unele dintre acestea au coborât pe suprafața venusiană. Temperatura acesteia este de circa 427°C, lucru datorat în primul rând faptului că atmosfera planetei este de 90 de ori mai densă decât cea a Pământului și este compusă în proporție de 98,6% din bioxid de carbon (Conținutul de bioxid de carbon din atmosfera venusiană este de 7 600 de ori mai mare decât cel din atmosfera terestră). Aceste condiții au produs un efect de seră foarte pronunțat.

Datorită acestei temperaturi, Venus este complet uscată. Există în atmosfera sa vapori de apă, dar mai există și acid sulfuric. Venus este deci o lume complet ostilă și nu permite existența tipului terestru de viață. Nu poate fi întrevăzută posibilitatea ca oamenii să poată ajunge vreodată pe această planetă, explorările vor trebui efectuate în totalitate cu ajutorul dispozitivelor automate.

Datorită proprietății undelor electromagnetice de a putea traversa straturile atmosferice, s-a reușit cartografierea suprafeței solide a planetei și s-a putut determina viteza ei de rotație. Aceste rezultate au dus la o altă descoperire surprinzătoare. S-a dovedit că Venus se rotește foarte încet în jurul axei proprii — are nevoie de 234 de zile terestre pentru a face o rotație completă — și direcția sa de rotație este de la est la vest, invers față de celelalte planete. Nu știm încă de ce se întâmplă acest lucru.

În orice caz, putem renunța la ideea că Venus ar putea adăposti viață.



58. EXISTĂ VIAȚĂ PE MARTE?

Marte a fost întotdeauna planeta pe care majoritatea oamenilor a crezut că se găsește viață. Se află cu aproximativ 50% mai departe de Soare decât Pământul, așa că este probabil o lume mai friguroasă, dar poate nu cu mult mai rece decât planeta noastră.

Marte are atmosferă, dar stratul noros care o acoperă nu este permanent ca în cazul lui Venus, neavând nici măcar densitatea celui de pe Pământ, așa că putem observa denivelările de pe suprafața planetei. În 1965, Huygens a studiat aceste forme de relief și a arătat că Marte, deși mai mică decât Pământul, se rotește în jurul axei proprii în 24½ ore, durată destul de apropiată de cea a zilei terestre. În 1784, Herschel a arătat că axa lui Marte este înclinată spre Soare cu un unghi foarte apropiat de cel al Pământului, deci anotimpurile sunt probabil similare cu cele terestre, dar mai reci și de două ori mai lungi, deoarece fiind mai departe de Soare, Marte execută o mișcare completă de revoluție în 687 de zile. Herschel a observat, de asemenea, calote de gheață la cei doi poli ai lui Marte, ceea ce părea să indice prezența apei.

Astronomii din vechime au încercat să cartografieze relieful planetei, dar n-au reușit să realizeze nici măcar două hărți identice. Cu toate astea, în anumite perioade Marte se apropie de Pământ și la fiecare treizeci de ani ajunge la distanța minimă de numai 56 de milioane de kilometri. Doar Venus se apropie mai mult de planeta noastră, ajungând la numai 42 de milioane de kilometri. Pe timpul acestor perioade, Marte putea fi observată mai bine și, desigur, de la o apropiere la alta, instrumentele astronomice se perfecționau și ele.

În 1877, atunci când s-a produs o astfel de apropiere, un astronom italian, Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1910)

a realizat cea mai bună hartă de până atunci a suprafeței lui Marte, prima acceptată și de ceilalți astronomi. El a observat că multe dintre urmele întunecate care se puteau observa pe suprafața planetei erau lungi și înguste. Acestea fuseseră observate și de alți astronomi înaintea lui, dar Schiaparelli a găsit cele mai multe. Datorită faptului că liniile păreau să reprezinte cursuri de apă, el le-a numit „canale”. De fapt a folosit cuvântul italian *canali*, tradus de britanici și de americani prin cuvântul englez *canals*. A fost o eroare importantă de traducere în engleză, *channel* înseamnă un curs natural de apă, în timp ce *canal* se referă la o construcție făcută de om. De îndată ce astronomii au început să vorbească despre canalele de pe Marte, oamenii și-au imaginat că acestea sunt construite de ființe inteligente.

Părea ceva firesc. Gravitația scăzută de la suprafața lui Marte (doar două cincimi din cea terestră) nu poate reține prea bine vaporii de apă, care se scurg astfel în spațiu, transformând planeta într-un deșert. Pentru a-și asigura apa necesară vieții și agriculturii, marșienii ar fi putut construi o serie de canale intersectate, care să aducă apa de la calotele polare spre zonele ecuatoriale mai calde. Era o imagine care părea foarte impresionantă pentru marele public și pentru unii dintre astronomi.

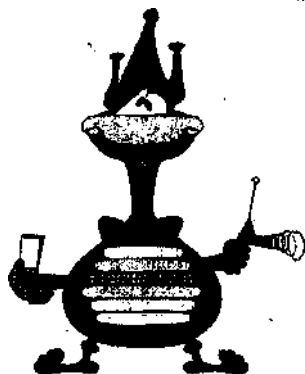
Cel mai convingător suporter al ideii de viață pe Marte era astronomul american Percival Lowell (1855-1916). Dispunând de resurse financiare personale, acesta a amplasat un observator privat în Arizona, unde aerul uscat



al deșertului și izolarea față de luminile marilor orașe ofereau condiții excelente de vizibilitate. Din acest observator a făcut mii de fotografii ale planetei Marte și a întocmit hărți detaliate, care cuprindeau în final peste cinci sute de

canale În 1894 a publicat o carte intitulată *Marte*, care susținea că această planetă adăpostește viață inteligentă

Scriitorul englez Herbert George Wells (1866-1946), folosind ideile din cartea lui Lowell, a scris un roman numit *Războiul lumilor*, care a apărut pentru prima dată în 1898 Acesta descrie o expediție marțiană de cucerire, care atacă Terra pentru resursele sale bogate de apă, cu intenția de a-și abandona planeta uscată și a coloniza Pământul Tehnologia avansată a marțienilor nu lasă nici o speranță de scăpare pământenilor, dar în final marțienii sunt învinși deoarece organismele lor nu se puteau apăra împotriva bacteriilor pământene Romanul era prima descriere importantă a unui conflict interplanetar și a fost scris atât de bine și de sugestiv, încât a convins mai mulți oameni decât cartea lui Lowell de existența vieții pe Marte



Totuși, ideea canalelor marțiene nu a fost acceptată de toată lumea Un astronom american, Edward Emerson Barnard (1857-1923), cunoscut pentru vederea sa excepțională, n-a observat niciodată canale pe Marte și a insistat că acestea erau doar iluzii optice Punctele dispuse neuniform erau interpretate ca linii lungi și drepte

Un astronom britanic, Edward Walter Maunder (1851-1928), a verificat această ipoteză El a desenat cercuri în care a dispus mici pete neregulate și a așezat apoi câțiva copii la o distanță de la care abia puteau vedea ce se află în cercuri Le-a cerut apoi să deseneze ce vedeau, iar ei au trasat linii similare cu cele trasate de Schiaparelli și Lowell pe hărțile planetei Marte

Au mai existat și alți astronomi care și-au exprimat obiecțiile, dar Lowell și-a menținut punctul de vedere, iar publicul a continuat să fie de partea lui Timp de peste cincizeci de ani după apariția romanului lui Wells, scriitorii

de science-fiction au fost parcă obsedați de canalele de pe Marte și de marțienii inteligenți

Cu toate acestea, treptat au început să se descopere dovezi care negau posibilitatea existenței vieții pe Marte. În 1926, doi astronomi americani, William Weber Coblentz (1873-1962) și Carl Otto Lampland (1873-1951) au reușit să măsoare emisia calorică a planetei Marte și au constatat că în timp ce zona ecuatorială a planetei ar putea avea o temperatură acceptabilă pe timpul zilei, noaptea marțiană este la fel de rece ca Antarctica. O scădere atât de dramatică a temperaturii pe timpul nopții de numai douăsprezece ore sugera faptul că atmosfera marțiană este deosebit de subțire.

În 1947, astronomul american de origine olandeză Gerard Peter Kuiper (1905-1973) a detectat bioxid de carbon în atmosfera marțiană, dar nu a găsit oxigen sau azot. Nu numai că atmosfera planetei Marte s-a dovedit prea rarefiată, dar compoziția ei o face irrespirabilă, chiar dacă ar fi mai densă. Speranțele privind existența vieții inteligente pe Marte s-au diminuat astfel foarte mult.

Era desigur necesar un studiu desfășurat la fața locului, iar epoca zborurilor spațiale a permis acest lucru. În 1965, sonda *Mariner 4* a trecut pe lângă Marte la o distanță de 10 000 de kilometri față de suprafață și a executat douăzeci de fotografii, care au fost transmise pe Pământ. Imaginile nu conțineau nici un fel de canale, ci numai cratere similare celor de pe Lună. Mai mult, *Mariner 4* a emis unde radio care au traversat atmosfera marțiană și au permis să se determine densitatea acesteia, care s-a dovedit a fi aproximativ de două sute de ori mai mică decât cea terestră, având ca principală componentă bioxidul de carbon.

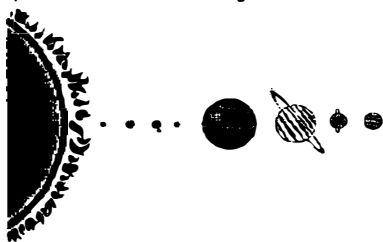
Șansele existenței vieții pe Marte s-au dovedit și mai mici atunci când alte sonde au executat fotografii mai bune și mai detaliate ale planetei. La sfârșitul anului 1971, *Mariner 9* a fost plasată pe o orbită în jurul lui Marte și a efectuat cartografierea întregii suprafețe a planetei, evidențiind mari vulcani stinși, un canion gigantic, urme care păreau să fi fost albie de râuri secate și calote de gheață, care pot

fi constituite la fel de bine din zăpadă carbonică sau din apă înghețată. Temperatura suprafeței s-a dovedit cu mult sub punctul de îngheț și nu există canale, ceea ce fusese observat de pe Pământ erau doar iluzii optice, după cum arătaseră Barnard și Maunder. Ipoteza lui Lowell era complet greșită.

În 1976, două sonde spațiale, *Viking 1* și *Viking 2* au coborât efectiv pe suprafața planetei Marte și au transmis fotografii prezentând un peisaj absolut pustiu și fără viață. Au fost efectuate teste automate pentru determinarea prezenței în sol a unor forme microscopice de viață, dar rezultatele au fost complet negative. Nu putem încă afirma cu certitudine că nu există viață pe Marte sau că nu a existat niciodată, dar în prezent nu pare să existe posibilitatea prezenței unei forme de viață mai complexe decât bacteriile.

59. EXISTĂ VIAȚĂ PE CELELALTE PLANETE ALE SISTEMULUI SOLAR?

Dacă Marte este (printre altele) prea rece pentru a adăposti viață în genul celei pe care o cunoaștem, lumile aflate dincolo de orbita marțiană sunt cu siguranță mai reci și mai puțin adecvate vieții. În ceea ce privește cele patru planete gigantice, condițiile de pe acestea sunt atât de diferite de cele terestre, încât nu ne putem aștepta să găsim pe ele viață similară cu cea de pe planeta noastră.



Dacă lășăm deoparte planetele gigantice, mai rămân sateliții, lipsiți majoritatea de atmosferă și pe care apa, dacă există, se găsește doar sub formă de gheață. Pot fi și ei eliminați din calcul, cu două excepții, care însă sunt improbabile: Europa și Titan.

Cei patru sateliți mari ai lui Jupiter — Io, Europa, Ganimede și Calisto (în ordinea distanței față de planetă) — sunt cu toții afectați de maree puternice, produse de planeta gigantică. Orbitele sateliților nu sunt perfect circulare datorită atracției reciproce, iar variația distanței față de Jupiter produce contracții ritmice, proces care duce la creșterea temperaturii.

Intrucât efectul de maree sporește invers proporțional cu puterea a doua a distanței, după cum reiese din cercetările lui Edouard Roche, cel care a explicat pentru prima dată existența inelelor lui Saturn, influența acestui efect asupra celor doi sateliți exteriori, Ganimede și Calisto, nu este foarte puternică. Aceste două corpuri cerești se mențin suficient de reci pentru a conține materie înghețată, lucru care face să fie mai mari decât ceilalți doi sateliți. Deși Ganimede are o densitate de 1,9, iar Calisto de 1,6, ei sunt probabil constituiți în special din gheață.

Io, satelitul cel mai apropiat de Jupiter, este supus celui mai puternic efect de maree, ceea ce a dus la dispariția totală a gheții, care a lăsat în urmă doar rocă, densitatea medie a satelitului fiind de 3,9 grame pe centimetru cub. De fapt, Io este încălzit până la punctul în care interiorul său poate produce activitate vulcanică. În martie 1979, când sonda *Voyager 1* a trecut pe lângă Io, au fost observați opt vulcani activi, iar în iulie 1979, când sonda *Voyager 2* a trecut pe lângă acest satelit, șase dintre vulcani continuau să erupă.



Materia care erupe din vulcanii de pe Io pare să fie în cea mai mare parte constituită din sulf. Acest lucru face ca suprafața să fie colorată în roșu și oranj, cu pete albe de bioxid de sulf. Craterelor care au fost produse pe Io de impactul meteoriților la începuturile existenței sistemului solar sunt acoperite de sulf, ceea ce face ca suprafața



destul de netedă și lipsită de craterele
pe care le marchează din plin pe Ganimede și Calisto

Europa, al doilea dintre sateliții mari ai lui Jupiter, este
cel mai mic dintre toți patru, având un diametru de 3 138
mii de kilometri, ceva mai mic decât al Lunii. Sondele spațiale au
revelat faptul că suprafața sa este cea mai netedă din întreg
sistemul solar, părând să fie acoperită cu un strat uniform
de gheață.

Dacă însă gheața ar fi solidă, ar fi acoperită de cratere,
la fel ca Ganimede și Calisto. În loc de asta, suprafața este
acoperită de o vastă rețea de crăpături, semănând mai
degrabă cu hărțile canalelor marțiene, așa cum au fost
desenate de Lowell. Cea mai bună explicație a prezenței
acestei rețele pare să fie aceea că meteoriții care cad accidental sparg
gheața, care constituie doar o crustă exterioară, și se
scufundă în oceanul lichid de dedesubt (Lichidul ar putea
fi împiedicat să înghețe ca urmare al efectului de maree
produs de Jupiter). Prin crăpăturile produse de impact
se deghețează apoi apa de dedesubt și îngheață la suprafață,
netezind iarăși spărturile.

Lichidul ar putea fi compus în special sau în totalitate din
apă, dar chiar și în acest caz este lipsit de oxigen, iar sub
scutul de gheață nu există lumină. Aproape toate formele
de viață de pe Pământ depind de oxigen și de lumină. Dar nu
toate. Există unele forme primitive de bacterii, care-și obțin
energia din reacții chimice pe bază de sulf și de compuși ai
fierului, neavând nevoie de lumină sau oxigen.

În ultimii ani au fost descoperite pe fundul oceanului
izvoare de apă fierbinte, bogate în substanțe minerale, în
jurul cărora s-au dezvoltat colonii de astfel de bacterii. Alte
forme de viață mai evoluate se hrănesc cu aceste organisme
unicelulare sau unele cu altele, iar acest lanț trofic pare să
funcționeze foarte bine. Este oare posibil ca Europa să fie
acoperită de un ocean în care să se dezvolte asemenea
forme de viață? Cândva instrumentele noastre vor ajunge să
pătrundă sub stratul de gheață și să verifice această ipoteză.

Unii dintre sateliții existenți în sistemul nostru solar sunt suficient de reci și de mari pentru a avea atmosferă (La temperaturi scăzute, gazele au mișcare moleculară mai lentă și sunt reținute mai lesne de o gravitație scăzută) Este cazul lui Triton, cel mai mare satelit al lui Neptun, care a fost vizitat în 1989 de sonda automată *Voyager 2*, prilej cu care s-a dovedit a fi mai mic decât se credea — diametrul său este de numai 2 730 de kilometri — fiind cel mai mic dintre cei șapte sateliți mari pe care îi cunoaștem. Cu toate acestea, temperatura la suprafața lui este atât de scăzută (-223°C), încât are atmosferă

Atmosfera lui Triton este compusă în special din azot și metan, substanțe cu punct de îngheț foarte coborât, motiv pentru care suprafața satelitului este acoperită cu gheață. Există totuși suficientă energie termică pentru a vaporiza o parte din azotul înghețat, producând erupții de gaz, care îngheață formând coloane verticale. Acești *vulcani de gheață* generează cratere și falii. În afară de Pământ și de Io, Triton pare să fie singura lume care mai are vulcani activi, dar șansele ca acest satelit să adăpostească viață sunt practic inexistente.

Atât Pluto, care este considerabil mai mic decât Triton, cât și satelitul său Charon au și ei atmosferă, dar nu posedă condiții pentru a adăposti viață.

Titan, cel mai mare satelit al lui Saturn, are atmosfera cea mai densă, depășind-o chiar și pe cea terestră. Diametrul său este de 5 150 de kilometri, deci aproape cât cel al lui Ganimede.

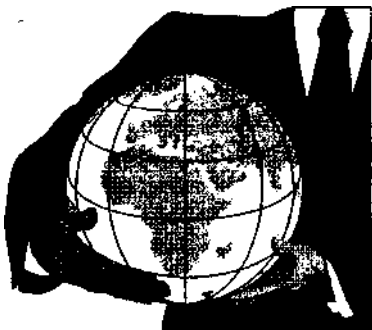
Ca și în cazul lui Triton, atmosfera lui Titan este compusă în special din azot și metan. Acesta din urmă este prezent într-o concentrație suficient de mare pentru a fi afectat de radiația solară, a cărei energie produce agregarea moleculelor de metan (formate dintr-un atom de carbon și patru atomi de hidrogen) și duce la formarea unor molecule complexe, conținând mai mulți atomi de carbon.

În timp ce, la temperatura de pe Titan, metanul se găsește în stare gazoasă, derivații cu structură chimică mai

complexă sunt lichizi. De aceea este posibil ca pe suprafața lui Titan să existe substanțe lichide (un fel de benzină, de fapt). Din păcate, atmosfera lui Titan este atât de cețoasă, încât nu poate fi observată suprafața satelitului, dar sondajele efectuate cu unde electromagnetice au evidențiat prezența unor oceane lichide și a unor zone de uscat. Imaginea se aseamănă mult cu cea terestră, numai că oceanele sunt compuse din benzină și au temperatura foarte scăzută.

Pot exista forme de viață care trăiesc în benzină? Va trebui să trimitem cândva și acolo sonde automate pentru a cerceta acest lucru.

Concluzia este că, excepând Europa și Titan, unde sunt șanse infime pentru existența vieții, Pământul rămâne, în sistemul nostru solar, singurul corp ceresc ce poate adăposti viața. Iată încă un motiv pentru care trebuie să ne străduim să păstrăm unica și minunată noastră lume.



60. CUM ARATĂ SOARELE?

A sosit timpul să ne îndreptăm atenția către Soare, centrul și stăpânul dător de viață al sistemului nostru solar. A ne întreba cum arată, pare să fie însă o întrebare cu răspuns prea evident. La urma urmei, nu știe oricine cum arată Soarele? Este un cerc strălucitor de lumină. De fapt, este prea strălucitor, iar oamenii nu-l pot privi direct mai mult de o secundă fără a risca să-și piardă vederea. Datorită acestui fapt este greu de spus cu exactitate cum arată.

Strălucirea Soarelui și importanța sa evidentă ca sursă de lumină și căldură i-au conferit un loc central în aproape

toate mitologiile Există pretutindeni zeități solare Printre acestea, este binecunoscutul Helios al grecilor, deși în miturile mai recente Apollo era cel care conducea zilnic carul de foc pe cer

Primul monoteist cunoscut a fost faraonul egiptean Amenhotep al IV-lea, încoronat în anul 1379 î.e.n., care a fondat o nouă religie în care Soarele (numit *Aton*) era singurul zeu În onoarea Soarelui, el și-a schimbat numele în Akhenaton, dar această religie nu i-a supraviețuit

Uneori este posibil să privim direct spre Soare Acesta strălucește câteodată prin straturi de ceață care-i atenuează luminozitatea, iar la apus straturile dense de aer cu praf și umezeală reduc suficient lumina Soarelui pentru a ne permite să-l privim fără pericol

În asemenea momente, pe suprafața strălucitoare a astrului zilei pot fi uneori observate pete mai întunecate Astronomii chinezi au remarcat aceste pete și au notat cu grijă observațiile făcute Nu încapе îndoială că și europenii trebuie să le fi observat, dar nu avem informații despre acest lucru Numai gândul că fața Soarelui ar putea fi pătată era o insultă la adresa Dumnezeuului pe care astrul îl simboliza, și era mai lesne de crezut că petele erau doar o iluzie

Către sfârșitul anului 1610, Galileo și telescopul său au dovedit fără putință de tăgadă realitatea acestui fenomen, existau cu siguranță pete pe Soare Mai mult decât atât, acestea se mișcau încet și regulat, dovedind că Soarele se rotește în jurul axei proprii în circa douăzeci și șapte de zile Desigur, această descoperire a produs multă indignare, iar liderii religioși au fost revoltați de posibilitatea ca Soarele să fie profanat cu pete, dar faptele erau fapte, iar Galileo a triumfat (făcându-și astfel mulți dușmani)

De fapt, petele solare nu sunt întunecate, doar par așa, comparativ cu strălucirea astrului Din când în când, Venus sau Mercur trec direct printre Pământ și Soare și se deplasează lent prin fața acestuia (făcând ceea ce se numește un *tranzit*) Atunci când se întâmplă acest lucru, planetele apar ca niște obiecte extrem de întunecate, chiar negre, iar când

trec prin dreptul unei pete solare se observă foarte clar că aceasta este mai întunecată decât restul discului solar, dar totuși strălucește

În 1825, un astronom amator german, Samuel Henrich Schwabe (1789-1875), a început să studieze Soarele și petele solare. Timp de șaptesprezece ani le-a urmărit evoluția (cu măsurile de precauție necesare pentru a evita orbirea) și a descoperit că numărul petelor crește și scade cu un ciclu de circa zece ani (aproape unsprezece, după studiile ulterioare). Era începutul unei noi științe, *astrofizica*, ce se ocupă cu fenomenele fizice produse în stele și alte corpuri din univers. Explicația variației ciclice a petelor solare nu este cunoscută nici în prezent.

Creșterea și descreșterea în intensitate a petelor solare pare să aibă influență și asupra Pământului, fapt evidențiat în 1852 de către un fizician britanic, Edward Sabine (1788-1883), care a constatat că variația câmpului magnetic terestru este sincronizată cu ciclul petelor solare. Această observație conducea la concluzia că există o legătură între petele solare și magnetism, iar în 1908 astronomul american George Ellery Hale (1868-1938) a descoperit un puternic câmp magnetic, legat de petele solare. De fapt, acest lucru face ca durata ciclului petelor solare să fie de douăzeci și doi de ani, deoarece la fiecare unsprezece ani câmpul magnetic își schimbă sensul.

Edward Maunder (unul dintre cei care se îndoiseră de veridicitatea poveștilor despre canalele marțiene) a studiat în 1893 vechile consemnări legate de petele solare și a constatat, spre marea sa surpriză, că între 1645 și 1751 nu păreau să existe rapoarte despre asemenea fenomene. Deși el și-a anunțat descoperirea, nimeni n-a luat-o în serios, deoarece se considera că oricum consemnările vechi nu prezintă încredere.

Cu toate acestea, în anii șaptezeci, astronomul american Johan A. Eddy a dat peste raportul lui Maunder și l-a verificat. El a luat în considerare și consemnările unor observații efectuate cu ochiul liber înainte de inventarea telescopului,

de către învățații din vechea Chină și din alte țări. Astfel a ajuns la concluzia că există periodic *minime Maunder*, dintre care cel raportat de Maunder era doar cel mai recent. Nici până în prezent nu se știe care este cauza minimelor Maunder.

61. CE ESTE LUMINA SOLARĂ?

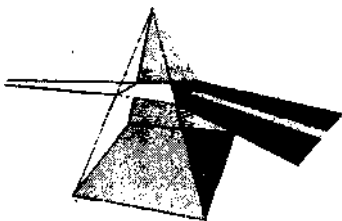
Aproape tot ce știm despre Soare este legat de lumina pe care o primim de la el, așa că trebuie să analizăm informațiile furnizate de lumină. În primul rând, lumina solară pare să fie albă, culoare ce sugerează puritatea și se potrivește cu perfecțiunea asociată întotdeauna cu astrul zilei. Dar dacă este așa, oricât de potrivită ar fi această asociere, ea ne dezavantajează: ce informații am putea să scoatem din ceva atât de pur ca lumina, albă?

Pe de altă parte, lumina produsă de om, nu este în mod necesar albă. Flacăra produsă prin arderea lemnului sau a altor combustibili este de regulă roșie, portocalie sau galbenă, fiind astfel lipsită de puritatea divină a luminii solare. Putem adăuga culoare luminii solare, trecând-o prin sticlă colorată sau vitralii. Rezultatul este foarte frumos, dar culoarea părea să fie produsă prin adaosuri impure la lumina albă, datorate materialelor produse de om. Chiar și lumina palidă a răsăritului sau apusului de Soare părea să rezulte doar ca urmare a trecerii prin aerul încărcat de praf. De fapt, singura lumină colorată ce părea produsă fără intervenția umană sau ca efect al trecerii prin atmosferă era curcubeul, considerat un produs divin — o punte celestă folosită de zei sau un semn trimis de Dumnezeu pentru a întări promisiunea că nu va mai exista un alt potop.

În 1665, Isaac Newton a cercetat natura luminii, trecând o rază de soare printr-o mică deschizătură ce comunica cu o cameră obscură și dispunând în calea ei o piesă triunghiulară de sticlă, numită *prismă*. Raza de lumină era deviată la



trecerea prin prismă, dar modificarea de direcție s-a dovedit neuniformă. Lumina s-a descompus în părțile ei componente, iar ceea ce a rezultat pe ecranul alb aflat dincolo de prismă era un curcubeu. De fapt, a apărut o bandă colorată, începând cu roșu (componenta cea mai puțin deviată de prismă), continuând cu portocaliu, galben, verde, albastru, indigo și, în final, violet (componenta deviată cel mai mult), iar culorile treceau gradat de la una la cealaltă. Era exact aspectul și succesiunea de culori dintr-un curcubeu.



Deoarece banda colorată era un fenomen insubstanțial și nu avea masă, Newton a numit-o *spectru* (de la cuvântul latin *spectrum*, care înseamnă *fantomă*). Rezulta, deci, că și curcubeul este un spectru natural, format prin trecerea luminii solare prin picăturile fine de apă rămase în atmosferă după o ploaie.

Au existat, desigur, și argumente bazate pe ideea că prisma era cea care producea culorile, dar Newton a rezolvat problema trecând printr-o a doua prismă, dispusă invers, spectrul obținut inițial. În acest mod s-a produs o nouă deviere, inversă, a componentelor luminii și acestea s-au amestecat, formând o rază de culoare albă. A devenit astfel clar că lumina solară nu este pură, ci un amestec complex de culori diferite, care acționează asupra retinei noastre, producând un efect pe care îl numim lumină albă.

62. CE SUNT LINIILE SPECTRALE?

Atunci când Newton a studiat pentru prima oară spectrul luminii solare, a avut impresia că acesta este continuu. Culorile treceau dintr-una într-alta fără întreruperi. În realitate însă, spectrul luminii solare nu este chiar continuu și există

zone înguste în care nu se află nici o culoare. Cei care studiază astăzi istoria științei se întreabă uneori cum de n-a observat Newton acest fenomen, dar să nu uităm că el lucra cu instrumente rudimentare, iar golurile din spectru nu sunt foarte evidente. În 1802, un chimist britanic, William Hyde Wollaston (1766-1828), a observat câteva goluri în spectru și a anunțat această descoperire, dar n-a dat prea mare importanță fenomenului și nu a continuat studiul.

Firește că, odată cu trecerea timpului, echipamentul folosit pentru studiul spectrului luminii (așa-numitul *spectroscop*) a fost considerabil îmbunătățit. În cele din urmă lumina a ajuns să fie trecută printr-o fantă îngustă, astfel încât spectrul obținut a devenit o succesiune de linii de diferite culori, care se „topesc” una în cealaltă, formând o bandă aproape continuă. Lipsesc totuși unele nuanțe, iar acolo unde ar trebui acestea să se afle, apare o linie neagră subțire, care traversează spectrul strălucitor.

În 1814, un fizician german, Joseph von Fraunhofer (1787-1826), care studia spectrul luminii solare folosind cel mai bun echipament de până atunci, a găsit peste șase sute de asemenea linii negre. (Fizicienii moderni au identificat câteva zeci de mii.) Acestea au fost numite la început *linii Fraunhofer*, dar în prezent sunt cunoscute ca *linii spectrale*. S-a dovedit că aceste linii spectrale au o importanță științifică deosebită.

La temperaturi ridicate, diferite substanțe chimice emit lumină, de diferite culori. Compușii sodiului generează la căldură o lumină galbenă, cei ai potasiului dau lumină violetă, ai stronțului — roșie, cei de bariu — verde, și așa mai departe. Asemenea compuși sunt folosiți pentru realizarea artițiilor colorate ce se folosesc la tot felul de ocazii festive.

În 1857, un chimist german, Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899), a realizat un arzător de gaz alimentat atât de bine cu aer, încât producea o flacără aproape lipsită de culoare. Dacă acesta era folosit pentru a încălzi o anumită substanță chimică, lumina emisă de aceasta nu se amesteca cu cea produsă de arzător.

Colaboratorul lui Bunsen, fizicianul german Gustav Robert Kirchhoff (1824-1877), a folosit *arzătorul Bunsen* pentru a produce lumină, folosind diverse substanțe chimice. El a studiat spectrele generate în acest mod și a descoperit că au un caracter discontinuu, fiecare fiind constituit dintr-un anumit număr de linii cu diferite culori. Mai mult decât atât, fiecare element chimic (fiecare tip de atom) produce o succesiune caracteristică de linii colorate. S-a dovedit astfel că spectrul reprezintă o „amprentă” a fiecărui element și poate fi folosit pentru a analiza elementele prezente într-un anumit mineral.

Atunci când o mostră minerală încălzită produce o succesiune de linii colorate care nu au fost observate la elementele cunoscute, rezultă că acel mineral conține o substanță neidentificată. Aplicând diferite tratamente, din mineralul respectiv se pot extrage acele fracțiuni în care respectivele linii spectrale sunt mai puternice, iar elementul necunoscut ajunge să fie izolat și studiat. În acest mod Kirchhoff a descoperit *cesiul* în 1860 și *rubidiul* în 1861. Aceste elemente au fost numite după culorile liniilor spectrale care permit identificarea lor (*cesiul* după cuvântul latin care înseamnă *azur*, iar *rubidiul* după denumirea în latină a culorii roșii).

Kirchhoff a mers și mai departe cu studiul său. Trecând lumina solară prin vapori de sodiu, el a constatat că aceștia absorb o parte din lumină, întunecând anumite linii spectrale. El a descoperit că orice vapor, dacă sunt mai reci decât sursa care emite lumina, absorb exact acea porțiune de spectru pe care o emite substanța respectivă, atunci când este încălzită. Cu alte cuvinte, se pot identifica elementele chimice (sau compușii simpli ai acestora), pe baza liniilor luminoase generate atunci când sunt încălzite sau a liniilor întunecate produse prin absorbție. Cu ajutorul liniilor spectrale s-a descoperit, de pildă, prezența dioxidului de carbon în atmosfera lui Venus și Marte.

63. CARE ESTE MASA SOARELUI?

Acum suntem gata să abordăm problema compoziției Soarelui, dar, mai întâi, este Soarele format din materie? În vremurile străvechi se credea că este doar o sferă de lumină lipsită de substanță, imaterială. Aristotel considera că, în timp ce Pământul este format din cele patru „elemente” (forme de materie fundamental diferite), și anume pământ, apă, aer și foc, Soarele și celelalte corpuri cerești sunt constituite din *eter*, o substanță nepământască ce are proprietatea de a străluci la nesfârșit. Chiar și cuvântul *eter*, provine din grecescul a *străluci*.

Chiar și după ce s-a dovedit că Soarele este mai mare decât Pământul, se mai credea că este insubstanțial, etenc și lipsit de masă, așa că dimensiunile sale nu prezintă importanță — punct de vedere adoptat inițial de astronomi și în legătură cu Luna. Această optică s-a modificat însă odată cu descoperirea în 1687 de către Newton a legii atracției universale, când a devenit clar că Pământul este legat de Soare printr-o puternică atracție gravitațională, iar dacă Soarele este sursa acestei atracții, el trebuie să aibă masă.

Dar cât de mare? Această valoare nu este greu de determinat. Cunoaștem durata de revoluție a Lunii în jurul Pământului, la distanța de 385 000 de kilometri. Cunoaștem, de asemenea, cât timp îi trebuie Pământului pentru a face un tur complet în jurul Soarelui, la distanța de 150 de milioane de kilometri. De aici putem calcula de câte ori este Soarele mai masiv decât Pământul. Rezultă că masa Soarelui este de 33 000 de ori mai mare decât a Pământului, deci astrul zilei nu este deloc o sferă de lumină imaterială, ci un conglomerat de materie de 1 038 de ori mai masiv decât Jupiter, care este cea mai mare planetă. De fapt, aproape 99,9% din întreaga masă a sistemului nostru solar este concentrată în Soare.

Cu toate acestea, Soarele nu este la fel de dens ca Pământul, valoarea densității sale medii este de numai 1,4 grame pe centimetru cub, adică pe sfert cât cea a Pământului. Este clar că și compoziția sa chimică trebuie să fie mult diferită de cea terestră.

64. DIN CE ESTE FĂCUT SOARELE?

Deci, care este compoziția chimică a Soarelui? Iată o întrebare la care pare imposibil de găsit un răspuns. Oare cum am putea lua o mostră din Soare pentru a o analiza din punct de vedere chimic?

În 1835, filozoful francez Auguste Comte (1798-1857), încercând să exemplifice o informație inaccesibilă umanității, arăta că nu vom putea niciodată cunoaște compoziția chimică a stelelor. El a murit la vârsta de cincizeci și nouă de ani. Dacă ar fi trăit mai mult, ar fi asistat la împlinirea a ceea ce nu crezuse a fi posibil — sau măcar la începuturile acestei cuceriri.

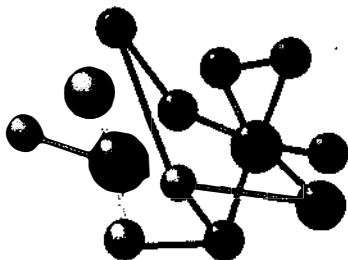
Rezolvarea acestei probleme se găsea în descoperirea lui Kirchhoff, conform căreia elementele emit lumină cu o anumită caracteristică spectrală atunci când sunt încălzite sau, în alte condiții termice, absorb spectrul corespunzător. Astfel, suprafața fierbinte a Soarelui emite toată gama de radiații și ar produce un spectru continuu, dacă lumina ar ajunge pe Pământ nealterată. Radiația luminoasă provenită de la Soare traversează însă atmosfera solară, care este fierbinte, dar nu atât de caldă ca suprafața astrului. Aici se produce absorbția unei părți din lumina emisă și apar liniile întunecate din spectru, pe care le-a descoperit Fraunhofer. După poziția acestor linii întunecate se poate determina natura elementelor prezente în atmosfera solară.

Fizicianul suedez Anders Jons Ångström (1814-1874) a fost primul care a cercetat această problemă. În 1862, el a arătat că anumite linii întunecate din spectrul luminii solare

se potriveau perfect, ca poziție, cu cele care apar când lumina trece prin hidrogen. Concluzia a fost că hidrogenul este prezent în Soare.

Pornind de aici, alți astronomi au început să studieze spectrul luminii solare, pentru a afla mai multe despre compoziția astrului. Se știe în prezent că aproape trei sferturi din masa Soarelui este constituită din hidrogen, elementul cel mai simplu, iar restul este format aproape în întregime din heliu, al doilea element ca simplitate. Hidrogenul și heliul constituie împreună circa 98% din masa Soarelui.

În afară de aceste două substanțe, din 10 000 de atomi din materia solară, 4 300 sunt de oxigen, 3 000 de carbon, 950 de neon, 630 de azot, 230 de magneziu, 52 de fier și 35 de siliciu. Celelalte elemente prezente, cam opt la număr, dețin ponderi și mai mici. Aceste descoperiri au contrazis în totalitate concepția aristoteliană, conform căreia compoziția corpurilor cerești ar fi fundamental diferită de cea a Pământului. În prezent este considerat clar faptul că tot ce cunoaștem din ce există în univers este format din aceiași atomi (și particule subatomice) ca Pământul.



65. CARE ESTE COMPOZIȚIA PLANETELOR?

Acum că știm structura chimică generală a Soarelui și ne-am dat seama că marea majoritate a stelelor (și praful stelar dintre ele) sunt formate din aceleași substanțe, știm de fapt care este structura chimică a universului. Cu alte cuvinte, putem presupune că ceea ce cunoaștem se aplică peste tot. (Presupunerea aceasta ar putea să nu fie corectă, iar asupra acestui aspect vom reveni mai târziu în carte.)

Putem acum să împărțim tipurile de materie din univers în patru mari clase

Gaze Primele două elemente chimice în ordinea simplității, hidrogenul și heliul, constituie circa 98% din univers. Acestea sunt gaze formate din atomi foarte ușori, care se mișcă rapid. Cu cât un atom este mai puțin masiv și are o temperatură mai ridicată, cu atât se mișcă mai rapid, deci forțele gravitaționale îl afectează mai puțin.

Aceasta înseamnă că un corp ceresc fierbinte nu poate reține hidrogenul și heliul, decât dacă este foarte masiv și are o atracție gravitațională enormă. Soarele este suficient de masiv pentru a reține hidrogenul, heliul și alte elemente provenite din norul original de praf și gaze din care s-a format.

Dacă un obiect este rece, cel puțin la suprafață, poate reține mai ușor hidrogenul și heliul și nu trebuie să aibă o atracție gravitațională atât de mare pentru asta. Cele patru planete gigantice, Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun, au în compoziție un procentaj ridicat de hidrogen și heliu, motiv pentru care mai sunt numite *giganți gazoși*.

Acest lucru explică densitățile scăzute, de circa 1,4 grame pe centimetru cub, ale Soarelui și planetelor gigantice. Dacă interiorul acestor corpuri nu ar fi comprimat ca efect al presiunii gravitaționale, densitatea lor ar fi și mai scăzută. Cu toate acestea, valoarea neobișnuit de scăzută a densității medii a lui Saturn rămâne oarecum surprinzătoare.

Gheață Al doilea tip de materie este constituit din substanțe înghețate, prezente în univers în cantități mult mai reduse decât hidrogenul și heliul. Acestea sunt constituite din molecule care conțin elementele ca oxigen, azot și carbon, combinate cu omniprezentul hidrogen. În combinație cu hidrogenul, oxigenul produce apă, azotul dă amoniac, iar carbonul formează metan. Apa se solidifică la 0°C, amoniacul îngheață la o temperatură mai scăzută, iar metanul are punctul de solidificare și mai jos¹. Mai există de

¹ Valorile temperaturilor de solidificare sunt -78°C pentru amoniac și -182,6°C pentru metan. (n.t.)

asemenea combinații de carbon cu oxigen (bioxid și monoxid de carbon), carbon cu azot (cianogen), sulf cu hidrogen (hidrogen sulfurat), sulf cu oxigen (bioxid de sulf), care pot forma gheață

Moleculele substanțelor înghețate sunt mai strâns legate una de cealaltă decât cele de gaz. Corpurile cerești mai mici pot reține cu ușurință substanțe înghețate, chiar dacă atracția lor gravitațională nu este destul de puternică pentru a le permite să rețină hidrogen sau heliu în stare gazoasă (Heliul este de regulă pierdut în totalitate, deoarece nu se poate combina cu alte substanțe. O parte din hidrogen rămâne, pentru că se poate combina cu alte elemente și formează gheață).

Giganții gazoși pot conține foarte bine amestecuri de substanțe înghețate, în cantități minore comparativ cu hidrogenul și heliul, dar corpurile mai mici, dacă sunt reci, conțin în principal gheață. În această categorie intră, spre exemplu, cometele și unii dintre sateliți. Astfel, Ganimede, Calisto, Titan și Triton, patru dintre cei șapte sateliți mari, par să fie constituiți în special din gheață.

Roci Al treilea tip de materie cosmică este format de roci, constituite prin combinarea siliciului cu oxigen, magneziu și alte elemente. Există în cantități și mai mici decât gheața, dar sunt mai compacte și existența lor nu este condiționată de gravitație. Chiar și cele mai mici bucăți de rocă își mențin structura ca urmare a forțelor chimice, chiar dacă atracția gravitațională a obiectului este neglijabilă. Punctul de topire al acestui gen de substanțe este destul de ridicat, lucru care face ca ele să nu se vaporizeze ușor, chiar la distanțe destul de reduse față de Soare.

Unele dintre corpurile constituite din gheață pot avea miezul din rocă, lucru care le modifică oarecum structura. Acest lucru ar putea fi valabil, de exemplu, în cazul sateliților mari și chiar pentru unele comete. Corpurile mici și fierbinți, cum ar fi Mercur și Luna, sunt lipsite atât de gaze, cât și de gheață și au suprafețele formate doar din rocă. Asemenea corpuri, ca Luna, Marte și Io sunt formate aproape în

totalitate din roci, deși Marte este destul de rece pentru a reține o anumită cantitate de bioxid de carbon, iar Io este acoperit cu gheață sulfuroasă. Europa este undeva la mijloc, având la suprafață o cantitate considerabilă de gheață, care înconjoară un miez pietros la fel de masiv.

Metale Fierul intră în aliaj cu diferite metale, formând o clasă de substanțe care este cea mai puțin răspândită dintre cele patru prezentate. Deoarece metalele sunt mai dense decât celelalte trei clase de substanțe, ele tind să se scufunde către centrele planetelor. Multe dintre obiectele din sistemul solar ar putea avea nuclee metalice, dar singurele cu dimensiuni apreciabile sunt Pământul, Venus și Mercur.

Astfel, după cum vedeți, toate obiectele din sistemul solar, oricât de diferite pot părea din punct de vedere chimic, ar putea proveni din același nor de gaze și praf. Diferențele pe care le observăm în prezent sunt apărute datorită condițiilor de temperatură și masă.

66. CÂT DE FIERBINTE ESTE SOARELE?

Un fapt destul de surprinzător este acela că savanții nu s-au concentrat prea mult asupra temperaturii Soarelui. Priveau cu toții astrul zilei ca pe o sursă de lumină, tinzând să ignore proprietatea lui de a emana căldură. Mitologia cunoaște descrieri ale Soarelui-zeu conducând un car strălucitor tras de mulți cai, dar fără referiri la căldura degajată. Pe de altă parte, primele povestiri despre călătorii spațiale descriu vizite pe Soare, la fel ca pe Lună, cu referiri la strălucirea astrului și fără să menționeze căldura.

Și totuși, știm cu toții că este mai cald în timpul zilei, atunci când Soarele se află pe cer, decât noaptea, când astrul zilei nu este vizibil, de asemenea este mai cald vara decât iarna, iar în bătaia Soarelui, căldura acestuia se face mai bine simțită decât la umbră. De aceea, întrebarea nu este *dacă*

Soarele este fierbinte sau nu, ci cât de fierbinte este. Simplul fapt că putem să-i simțim căldura la o distanță de 150 de milioane de kilometri dovedește că Soarele este un foc mare și intens. Din fericire, nu este nevoie să înfigem un termometru în Soare pentru a-i putea măsura temperatura. Știm că atât cantitatea, cât și calitatea luminii produse de Soare depind de temperatura sa.

În 1879, fizicianul austriac Josef Stefan (1835-1893) a arătat că radiația totală a oricărui obiect crește proporțional cu puterea a patra a temperaturii absolute a acestuia (Temperatura absolută este măsurată în raport cu zero absolut — cea mai scăzută temperatură posibilă — care este de -273°C). Dacă temperatura absolută se dublează, nivelul total de radiație crește de 2^4 , adică de 16 ori, triplarea temperaturii absolute duce la o creștere a nivelului radiației de 3^4 , adică de 81 de ori, și așa mai departe.

Mai târziu, în 1893, fizicianul german Wilhelm Wien (1864-1928) a arătat că lumina produsă de un obiect fierbinte are un maxim de intensitate a radiației undeva într-o zonă a spectrului, iar acest maxim se deplasează de la capătul roșu spre capătul violet al spectrului, pe măsură ce temperatura crește. Maximul de emisie luminoasă a Soarelui se află în zona galbenă a spectrului, iar poziția exactă a lui permite determinarea temperaturii de la suprafața astrului. Știm astfel că temperatura de la suprafața Soarelui este de circa $6\,000^{\circ}\text{C}$. Dar asta se întâmplă doar la suprafață. În cazul Pământului, și avem toate motivele să credem că fenomenul este valabil și pe alte corpuri cerești, temperatura crește cu adâncimea.

S-ar părea că și Soarele trebuie să fie tot mai fierbinte, dacă ne imaginăm că pătrundem în adâncimile sale. Cum suprafața solară este la fel de fierbinte ca nucleul Pământului, iar Soarele este mult mai masiv decât Pământul, deci presiunile sale interne trebuie să fie considerabil mai mari, ne putem aștepta ca temperatura din centrul Soarelui să depășească nivelul de $50\,000^{\circ}\text{C}$ estimat pentru centrul lui Jupiter. Dar cât de mult?

Această problemă a fost cercetată la începutul deceniului al treilea de către astronomul britanic Arthur Stanley Eddington (1882-1944). El a pornit de la ipoteza că Soarele este o sferă gazoasă fierbinte, care se comportă ca și gazele pe care le putem studia în laboratoarele terestre. Sub influența atracției gravitaționale, materia solară ar trebui să fie atrasă spre centru. De fapt, dacă ar fi vorba numai de un gaz, acesta s-ar compacta rapid până la un volum relativ redus, ca efect al gravitației. (După cum vom vedea mai târziu, în anumite condiții Soarele ar putea ajunge la un astfel de colaps.) Cum până în prezent nu s-a produs un astfel de fenomen, iar astrul zilei își menține un diametru mult mai mare decât cel la care ar fi de așteptat să ajungă sub influența atracției gravitaționale, înseamnă că există o forță care produce expandarea materiei solare și se opune tendinței de contracție.

Singurul fenomen la care Eddington (și nu numai el) s-a putut gândi pentru a justifica această situație era căldura. Atunci când temperatura crește, gazele își măresc volumul, lucru cunoscut din experimentele de pe Pământ. Eddington a ajuns la concluzia că Soarele este într-o stare de echilibru între căldura ce tinde să-i mărească volumul și forța gravitațională care produce comprimarea lui. Soarele stă în această stare, cu un diametru constant an după an, un timp nedefinit.

Eddington cunoștea nivelul atracției gravitaționale, așa că n-a trebuit decât să calculeze temperatura necesară pentru a egala tendința de contracție. Spre surpriza sa, a descoperit că centrul Soarelui trebuie să se afle la o temperatură de milioane de grade. Valoarea acceptată în prezent este de 15 000 000°C.

67. CE ESTE COROANA SOLARĂ?

Pe timpul unei eclipse totale de Soare, discul negru al Lunii este înconjurat de o lumină difuză, numită *coroană*, marcată uneori de frumoase arabescuri luminoase. La început,

astronomii nu erau siguri dacă lumina provenea de la Soare sau de la Lună, dar s-a determinat că sursa ei este Soarele

De fapt, coroana este constituită din straturile superioare ale atmosferei solare, care este de milioane de ori mai puțin luminoasă decât suprafața astrului, motiv pentru care nu este vizibilă decât pe timpul eclipselor. În acele momente, coroana solară produce o lumină cu o intensitate pe jumătate cât cea a Lunii pline, care împiedică întunericul total să se aștearnă asupra Pământului

În 1931, astronomul francez Bernard Ferdinand Lyot (1897-1952) a inventat coronagraful, un dispozitiv optic ce face posibilă observarea zonei interioare, mai strălucitoare, a coroanei solare, chiar și atunci când Soarele strălucește. Aceasta a fost dovada finală a apartenenței coroanei de Soare (deși la vremea respectivă nu mai era nevoie de dovezi pentru a argumenta acest lucru)

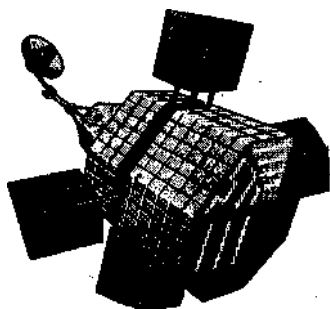
Spectrul coroanei solare prezintă linii care nu există la nici o substanță terestră. Pe timpul eclipsei solare din 1868, care a fost vizibilă în India, astronomul francez Pierre J. C. Janssen (1824-1907) a observat aceste linii ciudate și le-a prezentat unui astronom englez, Joseph Norman Lockyer (1836-1920), care era un expert în spectre. Lockyer a ajuns la concluzia că ele reprezintă un element necunoscut până atunci, pe care l-a denumit *heliu*, de la cuvântul grecesc ce înseamnă *Soare*. Această sugestie nu a fost luată în serios până în 1895, când chimistul scoțian William Ramsay (1852-1916) a descoperit heliul pe Pământ. Acesta este singurul element care a fost descoperit pe un corp ceresc înainte de a fi descoperit pe Pământ.

Au mai fost observate și alte linii spectrale ciudate în lumina coroanei solare, dar ele nu reprezentau elemente necunoscute. În schimb, s-a dovedit că atomii conțin un număr diferit de particule numite *electroni* și, în condiții de temperatură ridicată, o parte dintre ei se pierd. Atomii care pierd unul sau mai mulți electroni produc linii spectrale oarecum diferite de cele ale atomilor intacti, iar în 1942, fizicianul suedez Bengt Edlén (născut în 1906) a reușit să

identifică unele dintre liniile spectrale ale coroanei solare ca fiind produse atomi de calciu, fier și nichel, care pierduseră câțiva electroni. Pentru a se putea produce un asemenea fenomen, temperatura coroanei trebuia să fie ridicată — circa un milion de grade. Acest lucru a fost atestat și de faptul că din coroana solară sunt emise radiații de înaltă energie, numite raze X. Cu toate acestea, temperatura ridicată nu înseamnă decât că atomii sau fragmentele de atomi din coroana solară au o energie foarte ridicată. Densitatea acestor particule este atât de redusă, încât cantitatea totală de căldură a coroanei solare nu este prea mare.

Coroana solară nu este precis delimitată la exterior, ci se întinde în întregul sistem solar, tot mai diminuată, având o densitate atât de mică încât nu produce un efect observabil asupra mișcării planetelor. Căldura și energia Soarelui produc totuși emisia permanentă de particule în toate direcțiile.

Fizicianul american Eugene Newman Parker (născut în 1927) a prezis această descoperire în 1959, iar fenomenul a fost detectat efectiv de către sondele spațiale automate lansate ulterior, în special de către *Mariner 2*, care a ajuns pe Venus în 1962.



Această emisie omnidirecțională de particule cu sarcină electrică este cunoscută sub numele de *vânt solar*, iar viteza de deplasare a acestuia este între 400 și 700 de kilometri pe secundă. Acest flux de particule ține cozile cometelor îndreptate în direcție opusă Soarelui. Particulele cu sarcină electrică bombardează planetele și se acumulează, iar în cazul corpurilor care au câmp magnetic propriu, cum ar fi Pământul, vântul solar este deviat în lungul liniilor de forță care se întind de la polul nord magnetic la polul sud magnetic.

Asemenea particule aflate în apropierea Pământului au fost detectate pentru prima dată de sondele lansate în 1958, de către o echipă condusă de fizicianul american James

Alfred Van Allen (născut în 1914) La început au fost denumite centurile Van Allen, dar în prezent sunt cuprinse în termenul de *magnetosferă*. Inițial s-a crezut că aceste centuri vor afecta zborurile spațiale, dar această supoziție nu s-a confirmat.

Particulele cu sarcină electrică se scurg în atmosfera terestră în vecinătatea polilor magnetici ai planetei și interacționează cu moleculele din straturile superioare, producând fenomene luminoase, cunoscute sub numele de *aurora boreală*, în Arctica și *aurora australă*, în Antarctica.

68. CE SUNT EXPLOZIILE SOLARE?

În anul 1859, astronomul britanic Richard Christopher Carrington (1826-1875) a remarcat un punct luminos ca o stea, care țâșnea din suprafața Soarelui. La început a crezut că este vorba de un meteor care lovește suprafața Soarelui, dar, de fapt, era prima observație a ceea ce numim astăzi *explozii solare*.

În anul 1889, astronomul american George Ellery Hale (1868-1938) a inventat un dispozitiv care permitea fotografierea unei singure linii spectrale din lumina solară. Acesta permitea evidențierea cu ușurință a exploziilor solare și a condus la concluzia că nu este vorba de coliziuni meteoritice, ci de explozii asociate cu petele solare. Nu știm cu precizie care este cauza acestui fenomen și nu-l putem prezice, dar este clar că se produce la nivele energetice mai mari decât cele de pe suprafața solară. Petele solare sunt mai reci decât restul astrului (motiv pentru care sunt mai întunecate), dar sincronismul lor cu exploziile solare indică faptul că, în perioadele de maxim al activității, are loc o creștere generală a nivelului energetic, comparativ cu perioadele de minim.

Exploziile solare produc izbucniri deosebit de energice ale vântului solar.

Atunci când exploziile se produc în centrul discului solar, adică pe direcția noastră, particulele cu sarcină electrică

ajung pe Pământ după circa o zi, penetrând în număr deosebit de mare atmosfera terestră, în zona polilor magnetici. Această scurgere de sarcini electrice produce așa-numitele *furtuni magnetice*, care fac aurorele deosebit de strălucitoare și ample, perturbând totodată funcționarea busolelor magnetice și a aparaturii radio.

Dacă surprinde nepregătiți membrii echipajului unei nave cosmice, o astfel de izbucnire a vântului solar îi poate ucide prin iradiere. Până în prezent nici un astronaut sau cosmonaut n-a fost afectat de exploziile solare, dar acestea continuă să rămână o amenințare.

69. DE CE NU SE RĂCEȘTE SOARELE?

Având în vedere temperatura Soarelui, despre care știm acum că este extrem de ridicată, precum și puternicele câmpuri magnetice pe care astrul zilei le generează, nu ne mai surprind fenomenele de mare energie, cum ar fi coroana deosebit de fierbinte, vântul solar și exploziile de suprafață. Dar cum de nu se răcește Soarele?

Aceasta este o întrebare legitimă și firească, la urma urmei, Soarele emite către Pământ enorme cantități de lumină și căldură, dar mica noastră planetă recepționează doar o infimă fracțiune din lumina și căldura produse de astrul zilei — cam o sutime de milionime. Alte fracțiuni minuscule sunt interceptate de celelalte planete, dar aproape întreaga radiație solară se risipește în spațiul cosmic, dincolo de limitele sistemului solar.

De 4,6 miliarde de ani Soarele emite fără întrerupere vaste cantități de energie și continuă să facă acest lucru. Mai mult, se pare că va continua să emită încă multe miliarde de ani, fără să se răcească. Cum este posibil?

De fapt, oamenii n-au fost preocupați de această problemă până la mijlocul secolului trecut. Până atunci legea

conservării energiei n-a fost înțeleasă complet. Părerea general răspândită era că Soarele este doar un glob de lumină care va străluci etern, sau până când zeii vor decide să-l stingă. Existau surse terestre de lumină, care străluceau numai atâta timp cât erau alimentate cu combustibil, dar acestea erau pământene. Lumina divină era considerată ceva diferit.

Totuși, în 1854, fizicianul german Helmholtz, care descoperise cu șapte ani în urmă legea conservării energiei, a ajuns la concluzia că aceasta trebuie să se aplice și Soarelui, la fel ca și fenomenelor terestre. Astfel, el a fost primul care și-a pus întrebarea de unde provine energia Soarelui.

Era evident că nu poate proveni de la surse obișnuite, deoarece în ritmul în care emite Soarele energie în spațiu, dacă ar fi fost un simplu amestec de cărbune și oxigen, ar fi ars complet în 1 500 de ani. Oricine știe că Soarele arde de mai mult de 1 500 de ani — chiar și din Biblie rezultă că strălucește de vreo 6 000 de ani. Helmholtz și-a îndreptat atunci atenția către procesul care a produs căldura Pământului și a celorlalte planete.

El a presupus că Soarele s-a format și el prin aglomerarea particulelor mai mici. Pentru a forma Soarele au trebuit să se adune mult mai multe particule decât în cazul oricărei planete, iar cantitatea de energie cinetică transformată în căldură în acest proces a fost incomparabil mai mare, lucru care ar explica de ce este Soarele mult mai cald decât planetele. Conform acestei ipoteze, astrul zilei nu face decât să emită energia pe care a acumulat-o în etapele inițiale ale formării sale.

Helmholtz nu știa cu precizie care este vechimea Soarelui, dar estima vârsta acestuia la multe milioane de ani și a apreciat că stocul energetic inițial n-ar fi fost suficient pentru a menține activitatea solară atât de mult timp. Era nevoie ca astrul să câștige energie care să o compenseze pe cea emisă.

De aceea, el a analizat posibilitatea ca Soarele să fie bombardat permanent de meteoriți, la fel ca Pământul. Fiind

o putere mult mai mare decât Pământul, cu o atracție gravitațională mult mai puternică, Soarele ar putea capta mult mai mulți meteoriți

Aceasta părea o ipoteză plauzibilă, dar nu era corectă. Meteorii care cad pe Soare îi sporesc acestuia masa, ceea ce duce la creșterea atracției gravitaționale. N-ar fi o creștere foarte mare, dar adaosul de masă ar fi suficient ca să producă accelerarea Pământului pe orbită și reducerea duratei sale de revoluție, care s-ar traduce prin scăderea măsurabilă a duratei unui an. Cum acest fenomen nu s-a produs, teoria meteoritică a trebuit să fie abandonată.

Atunci Helmholtz s-a gândit la ceva mai bun. Dacă Soarele s-a format prin contractarea unui vast nor de gaze și praf, de ce nu s-ar contracta în continuare? După calculele lui, chiar și o mică contracție, suficient de redusă pentru a scăpa neobservată de către instrumentele epocii, ar asigura destulă energie cinetică pentru a susține activitatea solară și nu ar produce modificarea masei, schimbând astfel durata anului terestru.

Dacă ar fi așa, atunci Soarele ar fi fost puțin mai mare ieri decât azi, acum un an decât în prezent, și așa mai departe. Făcând calculul invers, Helmholtz a ajuns la concluzia că acum 25 de milioane de ani, Soarele ar fi trebuit să aibă un diametru egal cu orbita Pământului. Aceasta însemna că Pământul nu putea fi mai vechi de 25 de milioane de ani.

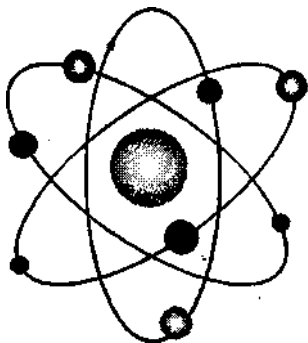
Această ipoteză n-a fost acceptată de geologi și biologi, care aveau motive să creadă că Pământul are o vârstă de peste 25 de milioane de ani, dar cum putea cineva contrazice legea conservării energiei?

Desigur, contracția n-a fost o explicație suficientă, dar abia după descoperirea radioactivității, care s-a produs la doi ani după moartea lui Helmholtz (și despre care am vorbit anterior în carte), oamenii de știință au ajuns să înțeleagă că energia nucleară trebuie să fie sursa care menține Soarele strălucind.

70. CUM ESTE SOARELE ALIMENTAT CU ENERGIE NUCLEARĂ?

Este ușor de afirmat că energia nucleară stă la baza proceselor solare, dar explicarea mecanismului prin care se produce acest fenomen nu este atât de simplă. În primul rând, de unde provine această energie nucleară?

În 1911, fizicianul Ernest Rutherford, în urma experimentelor sale care constau în bombardarea unor folii subțiri de aur cu fascicule de radiații de mare energie, a constatat că majoritatea radiațiilor treceau prin foițele de aur de parcă nici n-ar fi existat, însă o mică fracțiune era reflectată. De aici el a tras concluzia că atomii nu sunt simple globuri, ci au o anumită structură. În centrul fiecăruia există un *nucleu atomic*, de o sută de ori mai mic decât atomul propriu-zis. Aproape toată masa atomică este concentrată în nucleu, în jurul căruia gravitează unul sau mai mulți electroni foarte ușori, la care m-am mai referit anterior. Electronii sunt cei care dau volumul atomului, deși radiațiile trec printre ei de parcă n-ar exista.



Reacțiile chimice obișnuite (cum ar fi arderea cărbunelui și a petrolului, sau explozia produsă de TNT¹ și nitroglicerină) sunt rezultatele schimburilor de electroni de pe straturile exterioare, de la un atom la altul. Asemenea schimburi tind să producă molecule cu conținut energetic mai redus (așa

¹ *TNT*: prescurtare de la trinitrotoluen, substanță explozivă denumită în mod curent *trotii* (n.t.)

cum o bilă care se rostogolește la vale, îndreptându-se către poziția cu cea mai redusă energie potențială) Atunci când are loc o reacție chimică, energia disponibilizată prin transformarea unor reactivi energici în produse cu pasive se manifestă sub formă de lumină, căldură, sau forță explozivă

Nucleul atomic este și el constituit din mici particule. Acestea sunt numite *protoni* sau *neutroni* și pot, la rândul lor, să se rearanjeze astfel încât energia pe care o conțin să scadă. În acest caz eliberează energie sub formă de radiații, căldură, și așa mai departe.

Pe Pământ, aceste reacții nucleare se produc mult mai rar decât cele chimice și sunt incomparabil mai greu de pornit, de oprit sau de modificat, așa că până la începutul secolului al XIX-lea nici n-au fost observate. Acest lucru s-a datorat mai ales faptului că reacțiile nucleare naturale, producătoare de radioactivitate, sunt atât de lente, încât cantitatea totală de energie eliberată într-un interval de timp este prea mică pentru a fi remarcată.

Cantitatea *totală* de energie eliberată într-o reacție nucleară de o anumită cantitate de materie este enormă în comparație cu cea generată de aceeași materie într-o reacție chimică. De aceea, deși reacțiile chimice și chiar energia produsă de contracțiile succesive, sunt insuficiente pentru a menține activitatea solară pe o durată de timp atât de mare, energia nucleară ar putea realiza acest lucru, iar savanții mai trebuie doar să determine care este tipul de reacție care se produce.

Reacțiile nucleare care se produc în mod spontan pe Pământ sunt produse de atomii mari, de uraniu și toriu. Se produce o „spargere” radioactivă a acestor atomi, care emană particule nucleare și energie. Se poate produce și mai multă energie dacă atomii de uraniu și de toriu sunt făcuți să se „rupă” în două, printr-un proces cunoscut sub numele de *fisiune*. Și totuși, nici această energie nu este suficientă pentru a alimenta activitatea solară, mai ales că astrul zilei conține doar vagi urme de asemenea atomi grei.

Totuși, atomii care încorporează cea mai puțină energie sunt cei de dimensiuni medii. În reacțiile nucleare obișnuite sau în fisiune, atomii „coboară la vale”, cedând energie pe măsură ce se „sparg” în atomi mai mici. Același fenomen se întâmplă și atunci când atomii mici se combină pentru a forma atomi mai mari. Să presupunem că atomii de hidrogen (cei mai mici atomi) ar putea fi determinați să se unească (fiind supuși la *fuziune*) pentru a forma atomi de heliu, care ocupă cel de-al doilea loc pe scara simplității. În acest caz, energia produsă de o anumită cantitate de hidrogen ar fi *mult mai mare* decât cea produsă de aceeași cantitate de uraniu supus unui proces de fisiune.

Din moment ce știm acum că Soarele este compus în proporție de trei sferturi hidrogen și un sfert heliu, suntem tentați să presupunem că energia solară provine din fuziunea hidrogenului, iar acesta se găsește în cantitate suficientă pentru încă multe miliarde de ani.

Există totuși o problemă. Nucleeele atomilor grei sunt destul de instabile. Ele se găsesc, din punct de vedere energetic, pe muchea unei prăpăstii, așa că nu trebuie decât un mic brânci, sau nici măcar atât, ca să se rostogolească la vale. Fiziunea este astfel lesne de pornit, dacă se asigură condițiile potrivite. Pe de altă parte, atomii de hidrogen nu prezintă tendința naturală de a fuziona, decât dacă nucleeele lor ajung foarte aproape unul de altul, iar acest lucru nu se întâmplă în condiții obișnuite, datorită electronului care gravitează la exteriorul fiecărui atom și acționează ca un tampon. Doi atomi de hidrogen care intră în coliziune se resping reciproc, iar cele două nucleee nu se apropie niciodată.

Aceasta este însă tendința lor naturală, în condiții terestre. În centrul Soarelui, temperaturile sunt atât de ridicate încât atomii de hidrogen sunt „desfăcuți”, iar nucleeele se mișcă separate de stratul electronic. Presiunea ajunge la valori atât de mari, încât nucleeele de hidrogen sunt comprimate unul în altul, și cum temperatura înaltă le face să se miște mult mai rapid decât în condițiile terestre, se ciocnesc cu multă forță și apare fuziunea.

Fizicianul american de origine germană Hans Albrecht Bethe (născut în 1906) a cercetat fuziunea hidrogenului, studiind reacțiile nucleare care pot fi produse în laborator și calculând pe baza acestor experimente ce s-ar putea întâmpla la temperaturile și presiunile din interiorul Soarelui. În 1938 el a publicat o schemă a reacțiilor nucleare care ar fi suficiente pentru a susține activitatea solară și, în esență, teoria lui a fost de atunci acceptată de lumea științifică.

Astfel s-a răspuns la întrebarea pusă de Helmholtz cu aproape un secol în urmă.

71. EXISTĂ STELE PE CARE OAMENII DIN VECHIME NU LE CUNOȘTEAU?

După ce am discutat despre planete și despre Soare, a sosit timpul să ne îndreptăm atenția către lumea stelelor. Întrebarea cu care am început ar fi părut prostească celor din antichitate și din evul mediu, când noțiunea de stele invizibile părea o contradicție în termeni. Stelele străluceau, emiteau lumină, și de aceea trebuiau să fie vizibile. Mai mult decât atât, liderii religioși ai lumii occidentale credeau cu tărie că universul a fost creat în beneficiul exclusiv al ființelor umane. Stelele erau utile pentru calculele astronomice referitoare la viitor și, în afară de asta, pot fi subiect de contemplație. Stelele invizibile nu ar fi fost nici utile, nici frumoase, deci constituiau ceva lipsit de scop și nu puteau să existe.

Și totuși stelele au luminozități foarte diferite. Cele mai luminoase sunt atât de strălucitoare, încât numai orbii nu le pot vedea. Cele mai puțin luminoase stele sunt însă de o sută de ori mai puțin strălucitoare, ce pot fi observate numai de către oamenii cu vederea deosebit de ageră. Nu este oare posibil, în acest caz, ca unele stele să fie atât de

puțin luminoase, încât să nu poată fi zărite nici de către oamenii cu cei mai ageri ochi?

Majoritatea oamenilor nici măcar nu și-a pus această problemă. Erau atât de legați de ideea că stelele trebuie să fie de folos umanității, încât posibilitatea existenței unor stele invizibile era negată de la început, sau nici măcar nu le trecea prin minte.

Apariția telescopului a schimbat însă lucrurile. Lentila unui telescop (sau oglinda concavă a acestuia) este mult mai mare decât pupila ochiului omenesc, poate aduna lumina de pe o suprafață mult mai mare și o concentrează pe toată într-un focar. Asta înseamnă că stelele se văd prin telescop mult mai strălucitoare decât cu ochiul liber, iar dacă o stea nu este destul de strălucitoare pentru a fi observată de ochiul liber, telescopul ar putea să concentreze suficient lumina ei, pentru a o face vizibilă.

Atunci când, în 1609, Galileo și-a îndreptat telescopul către stele, a constatat exact acest fenomen. Oriunde privea, găsea mult mai multe stele decât putea observa cu ochiul liber. Cerul părea plin cu miriade de stele, a căror luminozitate era prea mică pentru ca ochiul omenesc să le poată distinge fără a fi ajutat, dar existau și puteau fi văzute prin telescop. Asta însemna că universul nu conține doar 6 000 de stele, ci milioane.

Cu această constatare simplă, Galileo a realizat două lucruri. În primul rând, a adăugat o nouă descoperire la șirul acelor care evidențiau mărimea și complexitatea universului, care s-a dovedit a fi mult diferit de structura simplă presupusă inițial. Pe de altă parte, a realizat prima descoperire științifică ce demonstra cu claritate că universul nu există doar pentru uzul și plăcerea umanității. S-a constatat astfel că există miriade de stele, ce nu păreau să poată influența ființele umane, dar cu toate acestea



continuau să existe independent de noi Pentru întâia oară a devenit posibil pentru umanitate să gândească universul ca pe ceva separat de specia umană, care a existat înainte ca omul să apară pe scena naturii și s-ar putea să-și continue existența mult timp după dispariția speciei noastre Universul a devenit astfel mult mai impresionant, dar întrucâtva mai rece și mai puțin prietenos

72. STELELE FIXE SUNT CU ADEVĂRAT IMOBILE?

Răspunsul la această întrebare ar putea fi desigur! Cum se poate cineva îndoii de faptul că sunt cu adevărat fixe? La urma urmei, vedem aceleași stele, în aceleași constelații, pe care le observau și sumerienii Nu s-a produs nici o schimbare, deci stelele fixe sunt *fixe*

Cu toate acestea, putem oare afirma cu adevărat că ceva nu se schimbă, doar pentru că noi nu observăm nici o modificare? Unele schimbări au loc atât de încet, încât par să nu se producă deloc De pildă, să presupunem că priviți timp de vreo jumătate de minut la acul orar al unui ceas Ați putea ajunge cu ușurință la concluzia că pur și simplu stă pe loc, că este fix Și totuși, dacă plecați și reveniți după o oră, veți constata că acul *s-a mișcat* Dacă atunci când ați plecat arăta ora 1, la întoarcere îl găsiți la ora 2

Oare a sărit brusc, atunci când nu-l priveați, sau s-a mișcat continuu, dar prea lent pentru a fi observat într-un timp scurt? Dacă vă hotărâți să priviți cu răbdare acul, nu o jumătate de minut, ci un sfert de oră, veți ajunge la concluzia că se mișcă foarte încet Privindu-l cu o lupă, veți remarca faptul că se deplasează foarte puțin, chiar și într-o jumătate de minut

Mai putem acum fi siguri că stelele fixe sunt cu adevărat imobile? Oare nu cumva se mișcă atât de încet (mult mai

încet decât acul orar) încât mișcarea lor nu este detectabilă decât dacă așteptăm timp de secole? Chiar și un asemenea interval ar putea să fie insuficient, dacă folosim doar ochiul liber. Dar telescopul (ca și lupa în cazul ceașului) poate evidenția aceste modificări de poziție.

În 1718, Halley (cel care a calculat orbita cometei Halley), cercetând cu ajutorul telescopului evoluția diferitelor stele, a descoperit că trei dintre ele, Sirius, Procyon și Arcturus, își schimbaseră indubitabil pozițiile, față de cele observate de vechii greci. Trebuie precizat că astronomii greci din antichitate nu aveau telescoape, dar erau observatori atenți și nu puteau să fi greșiți prea mult.

De fapt, pozițiile acestor stele difereau ușor și de cele consemnate de Tycho Brahe, cu un secol și jumătate mai devreme, iar observațiile lui erau cele mai bune dintre cele făcute înainte de apariția telescopului.

Halley a concluzionat că aceste stele s-au mișcat și continuă să se miște, schimbându-și poziția relativă față de stelele vecine. Acest lucru ar putea fi valabil pentru toate stelele, deci „stelele fixe” nu sunt fixe, ci au ceea ce se numește o *mișcare proprie*¹.

Totuși, cele trei stele a căror mișcare a fost detectată, deși se deplasează foarte încet, trebuie să se miște mai repede decât celelalte stele. Mai mult decât atât, ele sunt printre cele mai strălucitoare stele de pe cer. Există oare o legătură între strălucire și mișcare? În acest caz, astronomii ar putea fi nevoiți să regândească însăși natura cerului.

¹ *Mișcare proprie*: mărime folosită în astronomie pentru a caracteriza modul de deplasare a corpurilor cerești. Se măsoară în secunde de arc pe an. (n.t.)

73. EXISTĂ O SFERĂ A STELELOR?

Așa cum am arătat mai devreme, anticii presupuneau că cerul este o sferă subțire, solidă, care cuprinde Pământul și pe care sunt fixate micile stele strălucitoare. Descoperirile făcute până în 1700 n-au schimbat radical această concepție. După Copernicus, nu s-a mai putut afirma că Pământul este centrul universului, iar în jurul lui se rotesc toate corpurile cerești, dar noul model n-a făcut decât să plaseze Soarele la mijloc. Cerul rămânea o sferă cristalină care susținea stelele, dar înconjura Soarele, în locul Pământului.

Orbitele eliptice ale lui Kepler au înlăturat sferele cristaline ale planetelor, dar sfera exterioară, a stelelor, a rămas. Mulțumită lui Cassini a fost descoperită adevărata mărime a sistemului solar, care s-a dovedit a fi mult mai mare decât se crezuse, dar acest lucru nu însemna decât că sfera stelară era și ea mult mai mare.

Abia în 1718, când Halley a descoperit că stelele fixe nu sunt imobile, astronomii au trebuit să-și reevalueze complet concepția despre cer. Desigur, sfera celestă putea încă să existe, chiar dacă stelele se mișcă, iar deplasarea lor să fie o alunecare foarte lentă pe suprafața cristalină. Dar de ce să se miște doar unele dintre stele suficient de repede ca să poată fi observate în câteva secole și de ce se întâmplă că tocmai acestea sunt cele mai strălucitoare?

Poate că unele stele sunt mai mari decât altele, deci și mai strălucitoare, iar aderența la sfera celestă este oarecum mai slabă în cazul stelelor mai mari, ceea ce le permite să alunece lent pe suprafața cristalină. Totuși, acesta era doar un raționament *ad hoc*¹, inventat pentru a răspunde acestei enigme, deși nu corespunde cu experiența anterioară și nu poate explica nici un alt fenomen.

Pe de altă parte, unele stele ar putea fi mai aproape de Pământ decât altele. În acest caz, stelele apropiate ar părea, în general, mai strălucitoare decât cele îndepărtate. De

¹ *Ad hoc*, special, pentru asta (lb. latină, în original) (n.t.)

asemenea, dacă stelele s-ar mișca toate cu aceeași viteză, cele mai apropiate ar părea că se deplasează mai repede — lucru care, așa cum am explicat mai devreme în carte, este confirmat de experiența de zi cu zi. Această explicație ar putea lămurii de ce tocmai stelele cele mai strălucitoare au mișcare proprie. Stelele mai puțin luminoase se mișcă și ele, dar fiind atât de departe, deplasarea lor pare atât de lentă, încât nu sunt de ajuns câteva secole pentru a detecta o schimbare de poziție, fiind poate necesare multe mii de ani.

Dacă stelele se află la diferite distanțe față de sistemul solar, atunci sfera celestă nu poate exista. În schimb, spațiul trebuie să fie nelimitat, cu stelele împrăștiate, ca albinele într-un roi. Începând cu anul 1718, sfera celestă a dispărut din concepțiile astronomiei, înlocuită de imaginea cu mult mai grandioasă a spațiului nelimitat.

74. CE SUNT STELELE?

La început, s-a crezut că stelele sunt ceea ce par: mici așchii de materie strălucitoare, fixate de un cer solid, concepție care a părut rezonabilă cât timp universul era considerat relativ mic, iar cerul nu prea departe deasupra capului. A devenit însă tot mai greu de crezut că stelele sunt așchii strălucitoare, pe măsură ce universul s-a extins tot mai mult în concepția astronomilor.

Până să descopere Halley că stelele se mișcă, era deja clar faptul că stelele cele mai apropiate trebuie să se afle la miliarde de kilometri, pentru ca imensul sistem solar să poată încăpea în sfera celestă. Cât de mare ar trebui însă să fie o așchie de lumină, pentru a fi vizibilă de la miliarde de kilometri? Dacă ne gândim la acest lucru, nu putem ajunge decât la concluzia că stelele sunt obiecte *foarte* mari.

Prima persoană care a intuit acest fapt, în 1440, a fost un învățat german, Nicholas din Cusa (1401-1464). El considera că spațiul este infinit și presărat tot cu stele. Mai mult, credea că fiecare stea este un obiect echivalent cu Soarele.

nostru, având planete pe care ar fi putut exista viață. Viziunea sa promova o concepție uimitor de modernă, dar era pură speculație, în sprijinul căreia nu aducea nici un fel de dovezi.

După ce Halley a dovedit că stelele se mișcă, ideile lui Nicholas din Cusa au reapărut în mod inevitabil. Halley și-a pus problema dacă Sirius, cea mai strălucitoare stea de pe cer, deci cea mai apropiată, sau printre cele mai apropiate, n-ar putea să fie de fapt la fel de luminoasă ca și Soarele. Poate că ne apare nu mai mare decât un punct luminos doar pentru că este foarte departe.

În acest caz, cât de departe ar trebui să se afle un soare ca al nostru, ca să strălucească la fel de slab ca Sirius? Halley a făcut calculele și a decis că, dacă Sirius este un soare la fel de strălucitor ca al nostru, atunci distanța la care se află față de noi trebuie să fie de 19 *trilioane* de kilometri. Vă reamintesc faptul că un trilion înseamnă o mie de miliarde sau un milion de milioane, adică 1 000 000 000 000.

După calculele lui Halley, Sirius se afla la o distanță de 1 350 de ori mai mare de Soare, în comparație cu Saturn. Rezultă că stelele care se văd mai puțin luminoase decât Sirius se află la distanțe și mai mari. Conceptul de univers s-a extins astfel din nou, iar acum nu mai avea milioane sau miliarde de kilometri, ci trilioane.

75. CÂT DE DEPARTE SUNT DE FAPT STELELE?

Estimarea făcută de Halley privind distanța până la Sirius se bazează pe ipoteza că acesta este la fel de luminos ca Soarele. Aceasta este o presupunere hazardată. În realitate, ar putea fi mai puțin luminos ca Soarele sau la fel de bine, mai strălucitor. Este necesar să găsim căi mai directe de a afla distanța până la stele, așa că hai să ne gândim puțin la asta.

Distanța până la Marte a fost estimată în 1672, cu destul de mare precizie, observând planeta de la Paris și din Guiana Franceză, și calculând paralaxa. Totuși, chiar și cele mai apropiate stele se află cu siguranță la distanțe de sute de mii de ori mai mari decât Marte, cel puțin, ceea ce înseamnă că paralaxa celor mai apropiate stele va fi de sute de mii de ori mai mică. A fost destul de greu de măsurat paralaxa lui Marte, chiar și pe baza observațiilor făcute din două emisfere diferite, în cazul stelelor, ar fi imposibil.

Trebuie totuși să existe o ieșire din această dilemă. Pământul se mișcă pe orbita sa în jurul Soarelui și în șase luni ajunge de la o extremitate a orbitei, la cealaltă, aflată la aproximativ 300 de milioane de kilometri, adică de 23 500 de ori mai mult decât diametrul Pământului. Dacă o stea este observată din același punct de pe Pământ la 1 ianuarie și apoi la 1 iulie, paralaxa va fi de 23 500 de ori mai mare decât cea obținută din două puncte diametral opuse de pe Pământ.

Chiar și în aceste condiții, paralaxa unei stele rezultă foarte mică, considerabil mai mică decât cea determinată de Cassini pentru Marte. De fapt, atunci când Copernicus și-a avansat pentru prima oară teoria, astronomii au obiectat că stelele nu prezintă paralaxă, deci Pământul nu-și poate schimba poziția, ci este fix. Copernicus a răspuns destul de corect acestei obiecții, spunând că există o paralaxă, dar stelele sunt atât de departe, încât valoarea ei este prea mică pentru a putea fi măsurată. Fără telescop, chiar așa era.

Și totuși, dacă stelele se aflau la distanțe mari și diferite, paralaxele lor puteau, în principiu, să fie determinate, iar pe la începutul secolului trecut telescoapele fuseseră, în sfârșit, îmbunătățite suficient ca acest proiect să devină realizabil.

În deceniul patru al secolului al XIX-lea, astronomul german Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846) și-a îndreptat telescopul, cel mai puternic care fusese construit până atunci, către o stea mai puțin strălucitoare, numită 61 Cygni Deși



mai puțin luminoasă, această stea avea cea mai amplă mișcare proprie cunoscută la vremea respectivă, ceea ce l-a făcut pe Bessel să presupună, în mod corect, că trebuie să fie destul de aproape, cel puțin pentru o stea. În final, în 1838 el a reușit să obțină o mică paralaxă și a anunțat distanța la care se află 61 Cygni. Prima sa estimare era cam departe de adevăr, dar constituia un rezultat excelent pentru început. Steaua 61 Cygni este de fapt la 105 trilioane de kilometri de Pământ. La foarte scurt timp după aceea, alți doi astronomi au determinat paralaxa unei stele. Aceasta nu era o simplă coincidență pentru că, pe măsură ce instrumentele se îmbunătățesc, iar atitudinile se schimbă, diferiți savanți ajung adesea la descoperiri similare, cam în același timp.

La numai două luni după anunțul lui Bessel, astronomul britanic Thomas Henderson (1798-1844) a anunțat că steaua Alpha Centauri se află la circa 42 de trilioane de kilometri față de Pământ. De fapt, el făcuse determinarea înaintea lui Bessel, dar acesta a fost primul care și-a publicat-o — adică a anunțat-o în scris — iar cel care publică primul culege laurii.

Puțin mai târziu, astronomul ruso-german Friedrich G W von Struve (1793-1864) a arătat că steaua strălucitoare Vega se află, în unitățile de măsură actuale, la o distanță de 255 de trilioane de kilometri. Până la urmă s-a dovedit că Alpha Centauri este steaua cea mai apropiată de noi.

În ceea ce-l privește pe Sirius, se găsește la circa 82 de trilioane de kilometri, cam de patru ori mai departe decât estimase Halley. Cauza pentru care Halley a ajuns la un

rezultat eronat este presupunerea sa că Sirius este la fel de luminos ca Soarele, de fapt este de 16 ori mai luminos

Toate aceste stele se află destul de aproape de Pământ. Majoritatea sunt însă atât de departe, încât paralaxele lor nu pot fi măsurate, nici cu cele mai precise instrumente din prezent

76. CÂT DE REPEDE CĂLĂTOREȘTE LUMINA?

Folosirea numerelor mari este greoaie, iar toate acele zerouri sunt derutante. Putem lucra cu milioane de kilometri sau chiar cu câteva miliarde, atunci când ne referim la dimensiunile sistemului solar. Dar atunci când ajungem la stele, și constatăm că avem de-a face cu trilioane de kilometri, în cel mai bun caz, ba chiar cu mii de trilioane, ne vine s-o lăsăm baltă și să ne întrebăm: la ce bun?

Din păcate, milele sau kilometrii au fost gândite pentru măsurarea distanțelor uzuale de pe Pământ, nu a vastelor spații astronomice. Pentru a lucra ușor cu distanțele dintre stele, avem nevoie de alt gen de unități de măsură, care să se folosească de viteza luminii.

Pentru asta, trebuie să ne întrebăm: cât de repede călătorește lumina? Dacă aprindeți lumina într-un colț al încăperii, cât timp durează până când ajunge să lumineze și celălalt colț?

Pentru cineva care nu s-a gândit niciodată la acest lucru, răspunsul ar părea să fie că lumina se deplasează instantaneu, adică are viteză infinită. La urma urmei, când aprindeți o lumină, toate colțurile încăperii sunt luminate instantaneu și chiar dacă aprindeți o lumină puternică pe un stadion mare, întregul spațiu va fi luminat imediat.

Cu toate astea, *instantaneu* și *infinit* sunt cuvinte grele, și este posibil ca lumina să nu se răspândească instantaneu, ci

Într-un interval foarte scurt de timp, prea scurt ca să-l putem percepe. Poate că lumina nu călătorește cu viteză infinită, ci doar atât de repede încât *pare* infinită.

Cea mai bună cale pentru a verifica această posibilitate este să facem lumina să călătorească pe o distanță foarte mare. Astfel, timpul care-i este necesar pentru a o parcurge ar putea fi măsurabil. Prima persoană care s-a gândit la un asemenea experiment a fost Galileo.

Într-o noapte întunecoasă, el și asistentul lui, purtând fiecare câte un felinar, au urcat pe două coline diferite din apropiere. Galileo deschidea fereastra felinarului, lăsând să iasă o rază de lumină. Asistentul o vedea și deschidea imediat fereastra propriului felinar, răspunzând tot cu o rază de lumină. Galileo cunoștea distanța dintre culmile celor două coline, deci timpul scurs de la plecarea razei sale de lumină și până la sosirea răspunsului trebuia să fie cel necesar luminii ca să parcurgă distanța de două ori — de la o culme la cealaltă și înapoi.

A rezultat, într-adevăr, o mică întârziere. O parte era timpul necesar luminii să parcurgă distanța, dar mai era și timpul de reacție. La urma urmei, pentru a realiza că vede o lumină și pentru a deschide fereastra propriului felinar, asistentul avea și el nevoie de puțin timp.

Galileo a repetat atunci experimentul de pe două coline aflate mai departe una de cealaltă. Timpul de reacție trebuia să rămână același și orice creștere a intervalului dintre prima rază trimisă și răspunsul primit trebuia să se datoreze timpului în care lumina parcurge distanța respectivă. În urma acestei încercări, el a constatat că *nu* apărea nici o întârziere suplimentară, deci întreaga întârziere se datora timpului de reacție. Lumina se deplasa prea repede pentru a-i putea măsura astfel viteza.

Galileo a înțeles că era nevoie să găsească două culmi aflate și mai departe una de alta, dar acest lucru n-ar fi practic. Curbura Pământului ar face cele două vârfuri invizibile unul pentru celălalt, dacă distanța ar fi prea mare. Mai mult decât atât, Galileo nu putea găsi o lumină suficient de

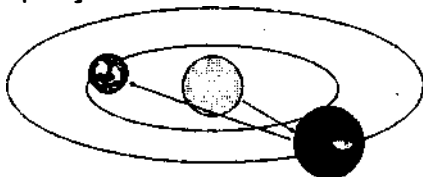
puternică pentru a putea fi văzută de la distanțe foarte mari. Desigur, dacă ar fi avut un instrument cu care să măsoare intervale foarte mici de timp, ar fi putut încerca, dar cum nu avea un astfel de dispozitiv, s-a dat bătut.

Apoi, aproape o jumătate de secol mai târziu, problema a fost rezolvată aproape din întâmplare. Un astronom danez, Olaus Roemer (1644-1710) studia cei patru sateliți ai lui Jupiter. La vremea respectivă, ceasul cu pendul permitea măsurarea destul de precisă a timpului și se știa cât timp durează mișcarea de revoluție a fiecărui satelit în jurul lui Jupiter. Într-un anumit moment, cu regularitate, fiecare satelit dispărea în spatele planetei, reapărând apoi pe partea opusă.

Dar fenomenul nu era perfect regulat. După jumătate de an, eclipsele sateliților se produceau puțin înainte de momentul calculat, în timp ce în a doua jumătate întârziiau puțin. În medie, diferențele se anulau, dar existau perioade când eclipsele devansau cu aproape opt minute programul normal, iar o jumătate de an mai târziu aveau opt minute întârziere.

Roemer a încercat să găsească o explicație și a înțeles că eclipsele sunt văzute prin reflectarea luminii solare de către Jupiter și sateliții săi, lumină care călătorește de la Jupiter spre Pământ. Cum cele două planete se rotesc în jurul Soarelui, există momente când se află de aceeași parte a astrului, iar lumina ajunge de la Jupiter la Pământ pe cel mai scurt drum posibil. După aproximativ două sute de zile, cele două planete se află pe poziții opuse față de Soare, iar lumina reflectată de Jupiter trebuie să parcurgă drumul până la locul unde s-ar găsi Pământul dacă planetele ar fi de aceeași parte a Soarelui, *plus* întregul diametru al orbitei terestre, pentru a ajunge în poziția reală a Pământului.

Lumina are nevoie de șaisprezece minute pentru a parcurge diametrul orbitei Pământului, opt minute de la Jupiter



la Soare și de alte opt minute până la Pământ, aflat în partea opusă. Această distanță este mult mai mare decât cea dintre cele două culmi folosite de Galileo. Cele două „culmi” foarte depărtate, Jupiter și Pământ, au vizibilitate reciprocă, lumina este destul de puternică pentru a putea fi observată de la o planetă la alta, iar distanța dintre ele se modifică permanent în timp. Era chiar experimentul lui Galileo la scară gigantică, iar de această dată a reușit.

Roemer și-a făcut publică descoperirea în 1676. El nu dispunea de o valoare precisă a diametrului orbitei terestre, așa că rezultatul obținut era cam mic, dar se apropia ca domeniu de realitate. Pentru prima dată oamenii știau sigur că viteza luminii nu este infinită, dar depășește cu mult orice altă viteză care a fost vreodată măsurată. Au mai fost puse la punct și alte metode de măsurare, mai precise, a vitezei luminii, iar valoarea acceptată în prezent este de aproape 299 800 de kilometri pe secundă.

77. CE ESTE UN AN-LUMINĂ?

Cum ne ajută viteza luminii să ne referim la distanța dintre stele? Să presupunem că ne-am propus să determinăm cât de departe ajunge lumina într-un an. În fiecare secundă călătorește 299 800 de kilometri și sunt 60 de secunde într-un minut, 60 de minute într-o oră, 24 de ore într-o zi și $365\frac{1}{4}$ zile într-un an. Asta înseamnă că într-un an sunt aproape 31 557 000 de secunde. Înmulțind cu viteza luminii, rezultă că distanța parcursă într-un an este de circa 9,4 trilioane de kilometri. Această distanță este numită un *an-lumină*.

Cea mai apropiată stea, Alpha Centauri, se află la o distanță de 4,4 ani-lumină. Asta înseamnă că luminii îi trebuie 4,4 ani pentru a călători de la noi la Alpha Centauri, sau invers. Acest lucru ne dă o idee despre cât de departe sunt stelele. O rază de lumină are nevoie de $\frac{1}{60}$ dintr-o

secundă pentru a călători de la New York la San Francisco, puțin mai mult de $\frac{1}{8}$ dintr-o secundă pentru a înconjura Pământul și circa 16 minute pentru a traversa orbita terestră, dar îi trebuie 4,4 ani pentru a ajunge chiar și la cea mai apropiată stea

Sirius se află la o distanță de 8,6 ani-lumină, 61 Cygni este la 11,2 ani-lumină, iar Vega se găsește la circa 27 de ani-lumină, iar acestea sunt printre cele mai apropiate stele

Deși anul-lumină constituie un mod dramatic de a exprima distanțele mari, astronomii nu mai folosesc prea mult această unitate de măsură. În schimb, măsoară distanțele în *parseci*

Orice cerc, inclusiv enormul cerc imaginar pe care ni-l putem imagina în jurul cerului, este divizat în 360 de grade, fiecare grad în 60 de minute de arc, iar fiecare minut în 60 de secunde de arc. Asta înseamnă că fiecare cerc este divizat în 1 296 000 de secunde de arc, egale între ele

Dacă vă imaginați pe cer un mic *o*, care are un diametru de numai o secundă de arc, iar apoi vă închipuiți o întreagă serie de asemenea *o*, înșirați astfel încât să se atingă pe o linie care traversează întreg cerul, pentru a completa un cerc complet pe cer vor trebui să fie 1 296 000 de asemenea *o*-uri mici

La ce distanță ar trebui oare să se afle o stea, pentru a avea o paralaxă care să-i schimbe poziția cu o secundă de arc în fiecare sens, în timp ce Pământul parcurge întreaga sa orbită în jurul Soarelui? Răspunsul la această întrebare este 3,26 ani-lumină, o *paralaxă-secundă*, pe scurt, un *parsec*. Nu există nici o stea atât de aproape, așa că toate stelele pe care le cunoaștem au paralaxe mai mici de o secundă de arc, măsurate din poziții diametral opuse ale orbitei terestre, ceea ce explică de ce a trebuit atât de mult timp până când distanțele până la stele au putut fi măsurate. Alpha Centauri se află la o distanță de 1,35 parseci, Sirius la 2,65 parseci, 61 Cygni la 3,44 parseci, iar Vega la 8,3 parseci. Un parsec are puțin mai mult de 30 de trilioane de kilometri

78. SOARELE SE MIȘCĂ?

Încă din vremea lui Copernicus, Soarele era privit ca centrul imobil al universului. După ce Halley a descoperit că stelele se mișcă și a început să bănuiască faptul că stelele sunt de fapt sori aflați la distanțe enorme, a apărut destul de improbabil ca Soarele să fie singura stea care nu se mișcă și ca obiecte aflate la trilioane de kilometri distanță să se rotească în jurul Soarelui nostru, aflat în centrul tuturor.

Dacă toate stelele se mișcă, de ce să nu se miște și Soarele? Nu există nimic deosebit la el, decât că s-a întâmplat să fie mult mai aproape de noi decât orice altă stea. De aceea putem presupune că se mișcă și să ne întrebăm cum am putea *observa* această mișcare și în ce direcție se desfășoară ea?

În 1805, după mai bine de două decenii de studii, Herschel (cel care a descoperit planeta Uranus) a ajuns să dea un răspuns acestor întrebări. Să presupunem că Soarele este înconjurat de stele în toate direcțiile, separate între ele de distanțe care, în medie, sunt egale. Cu toate astea, cele aflate mai aproape de Soare vor părea mai distanțate între ele decât cele depărtate (Observăm același efect dacă ne aflăm într-o pădure, iar copacii din apropiere se văd distanțați, în timp ce aceia aflați mai departe se văd foarte apropiați unul de celălalt.)

Herschel a măsurat mișcările proprii ale mai multor stele și a constatat că, într-o anumită direcție, stelele păreau să se distanțeze și să se îndepărteze de un anumit punct, situat în constelația Hercules. Herschel a numit acest punct *apex*¹

¹ *Apex*: punct de pe bolta cerească spre care se îndreaptă la un moment dat un corp ceresc. Din cuvântul latin vârf, culme. (n.t.)

Dacă Soarele ar sta pe loc, stelele n-ar avea nici un motiv să se comporte într-un asemenea mod. Dacă însă Soarele s-ar deplasa către apex, atunci stelele din acea zonă s-ar apropia de noi, dând astfel impresia că se distanțează una de cealaltă. Stelele de pe partea opusă a cerului s-ar îndepărta de noi și de aceea ar părea că se apropie una de cealaltă.

Concluzia lui Herschel a fost că Soarele se deplasează în direcția constelației Hercules. După mii de ani în care s-a crezut că Pământul este centrul universului, și alte două secole și jumătate în care Soarele a fost considerat în centru, s-a dovedit că, după câte își pot da astronomii seama, *nu* există un centru al universului. Totul se mișcă.

De fapt, printre multe alte intuiții corecte în legătură cu universul, pe care le-a avut cu un secol înainte de Copernicus, Nicholas din Cusa a afirmat și faptul că nu există un centru al universului.

79. LEGILE NATURII SUNT ACELEAȘI PRETUTINDENI?

Vorbind despre originile sistemului solar, m-am referit la noțiuni ca legea gravitației, legea conservării momentului unghiular și efectul centrifugal. Am spus că aceste reguli pot fi presupuse adevărate, pentru că ele funcționează pe Pământ, acum și aici.

Dar de unde știm că ceva ce funcționează acum a fost valabil și cu 4,6 miliarde de ani în urmă? Cum putem ști că ceea ce este valabil aici, se aplică și pe alte lumi? Pe scurt, de unde știm că legile naturii sunt aceleași în spațiu și timp?

De ce ar putea să difere legile naturii în timp și spațiu? Pe Pământ ele nu variază în funcție de loc și nu s-au schimbat în ultimele câteva secole, de când savanții au început să le cerceteze în detaliu.



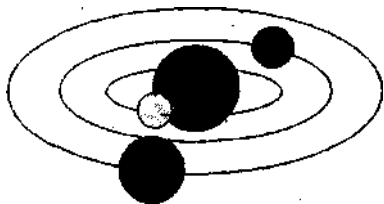
Acest argument nu este însă prea convingător, ce pot însemna câteva mii de kilometri și câteva sute de ani, atunci când ne referim la distanțe de mulți ani-lumină și la intervale de timp de miliarde de ani?

Dar dacă legile naturii n-ar fi universale, am întâlni multe fenomene pe care nu le-am putea înțelege. În univers ar domni haosul și anarhia, deoarece regulile pe care credem că le cunoaștem n-ar mai fi adevărate în alte condiții.

Totuși, poate că așa se și întâmplă. Există, într-adevăr, multe fenomene din univers pe care astăzi nu le pricepem, și poate că suntem realmente confrunțați cu haosul și anarhia. De fapt, în ultimii ani, savanții au decis că unele aspecte ale universului sunt mult mai haotice decât se presupunea.

Cu toate astea, în general, oamenii de știință preferă să creadă că universul este simplu în esența lui și că aceleași legi ale naturii sunt valabile pretutindeni și de-a lungul timpului, ceea ce constituie doar o presupunere confortabilă. Înainte de a crede acest lucru, trebuie să dispunem de exemple și de dovezi.

De exemplu, la sfârșitul secolului al XVIII-lea, cea mai importantă generalizare despre lumea fizică pe care omul o descoperise era legea gravitației universale, a lui Newton. Nu încăpea îndoială că ea se aplică în cuprinsul sistemului solar, pentru că toate planetele și sateliții se mișcă aproape cu precizie în conformitate cu această lege. Atunci când a ieșit la iveală că mișcarea lui Uranus nu se conformează cu exactitate previziunilor, astronomii au bănuțit că dincolo de orbita sa există o planetă necunoscută, a cărei atracție gravitațională ar putea explica discrepanța. Această planetă, Neptun, a fost căutată și găsită exact acolo unde se presupusese că se află.



Atâta timp cât s-a presupus că sistemul solar este întregul univers, legile cunoscute puteau fi considerate universale. Dar de îndată ce s-a dovedit că stelele sunt sori

aflați extrem de departe, astronomii au început să se neliniștească. Oare legile naturii mai sunt valabile la asemenea distanțe inimaginabile?

Herschel a răspuns și la această întrebare. Căuta dovezi ale existenței paralaxei la stele și s-a gândit să studieze stelele care păreau foarte apropiate pe cer. La vremea respectivă se considera că toate stelele sunt, ca și Soarele nostru, splendori singuratiche. De aceea, dacă două stele păreau foarte apropiate pe cer, acest lucru era atribuit doar faptului că se găsesc pe aceeași direcție față de noi, dar una trebuia să fie mult mai departe decât cealaltă. În acest caz, apropierea aparentă ar fi trebuit să evidențieze o mică paralaxă relativă.

Herschel a descoperit că în cazul acestor stele există mici schimbări de poziție, dar nu de genul celor generate de paralaxă. În 1793, el a ajuns la concluzia că are în față o pereche de stele, o *stea binară*, aflate realmente în apropiere una de cealaltă, și care se rotesc una în jurul celeilalte. Aceste stele erau legate una de alta de către atracția gravitațională, iar din mișcările lor se putea demonstra că legea atracției gravitaționale a lui Newton, care fusese dedusă după mișcarea Lunii în jurul Pământului, nu se aplică doar corpurilor din sistemul solar, ci, la fel de bine, și stelelor îndepărtate.

Acesta a fost primul indiciu al faptului că stelele nu există în mod obligatoriu separat, pot fi perechi și, după cum s-a dovedit în cele din urmă, pot forma uneori și asocieri mai complexe. Până la moartea sa, Herschel localizase nu mai puțin de opt sute de stele binare. Toate, fără excepție, se supun legii gravitației, așa cum a fost ea enunțată de Newton și generalizată de Einstein.

Iar lucrurile au continuat. Toate descoperirile științifice din ultimele două secole confirmă ideea că legile naturii se aplică pretutindeni, în spațiu și timp. Ar putea exista și condiții extreme în care legile să fie încălcate, dar până în prezent n-am fost în măsură să studiem corespunzător asemenea condiții. De asemenea, după cum au afirmat recent savanții,

este posibil să existe condiții haotice, care nu pot fi anticipate sau explicate cu acuratețe, dar asemenea condiții haotice acționează și ele pretutindeni la fel, atât pe Pământ, cât și pe cea mai îndepărtată stea.

80. CE SUNT STELELE VARIABLE?

Credința aristoteliană conform căreia obiectele cerești sunt eterne și neschimbătoare părea să fie rezonabilă. Stelele arătau fără îndoială la fel, noapte după noapte.

Și totuși, acest lucru nu este adevărat în totalitate. Să luăm cazul stelei Beta Persei, aflată pe locul secund ca strălucire în constelația Perseu. La fiecare două zile și douăzeci și una de ore, își pierde mai mult de jumătate din strălucire, iar apoi, în scurt timp, și-o recapătă.

Este posibil ca acest fenomen să fi fost observat încă din antichitate sau din evul mediu. Constelația Perseu îl reprezintă pe eroul din mitologia greacă în momentul în care a tăiat capul Meduzei¹, cea cu șerpi în păr. El înalță capul monstruos, marcat în constelație de către Beta Persei, stea numită de către arabi (și de noi în prezent) Algol, cuvântul arab pentru *monstru*. Cu toate acestea, până în epoca modernă nimeni n-a menționat aspectul variabil al acestei stele. Este posibil ca variația strălucirii ei, semn al efemerității obiectelor cerești, să fi fost remarcată și să fi trezit neliniștea oamenilor, astfel încât au refuzat să vorbească despre ea.

În 1782, astronomul englez John Goodricke (1764-1786), un surdo-mut genial care a murit în tinerețe, sugera că Algol ar fi o stea binară, iar unul dintre aștri are o luminozitate scăzută. La fiecare două zile și douăzeci și una de ore, steaua întunecată trece în fața celei luminoase și o eclipsează, produ-

¹ *Gorgona Meduza*: monstru mitologic cu chip înfiorător și șerpi în păr, care-i împietrea pe muritorii care o priveau. A fost ucisă și decapitată de către Perseu (n.t.)

când astfel scăderea temporară a strălucirii acesteia. Atunci când steaua mai întunecată se mișcă mai departe, strălucirea revine. Goodricke era înaintea timpului său, întrucât existența stelelor binare nu fusese încă demonstrată de către Herschel. Însă, în timp, s-a dovedit că avea perfectă dreptate.

Există un număr de astfel de *variable de eclipsare*, dar sunt și stele a căror strălucire se schimbă în timp, în mod neregulat. În anul 1596, astronomul german David Fabricius (1564-1617) a descoperit o stea, Omicron Ceti din constelația Cetus, a cărei strălucire este variabilă. Studiind-o în continuare, astronomii au constatat că uneori este atât de strălucitoare, încât se numără printre primele o sută de stele ca luminozitate, iar alteori se întunecă atât de mult, încât nu mai poate fi observată fără telescop. Aceste variații de luminozitate se produc cu un ciclu de circa un an, dar magnitudinea¹ stelei este atât de neregulată, încât efectul nu poate fi cauzat de o eclipsă. Concluzia nu poate fi decât că steaua își modifică radiația. Aceasta este o adevărată *stea variabilă*, iar astronomii, surprinși, au denumit-o Mira (cuvânt latin ce înseamnă *minunăție*).

În 1784, Goodricke a descoperit încă un tip de stea variabilă, Delta Cephei, din constelația Cepheus. Strălucirea acestei stele variază cu regularitate, dar nu ca rezultat al unei eclipse, deoarece creșterea luminozității este bruscă, iar scăderea se face lent. (Dacă ar fi fost efectul unei eclipse, creșterea și descreșterea strălucirii s-ar fi produs în intervale egale de timp, ca în cazul stelei Algol.)

Au fost descoperite sute de astfel de stele, care și modifică în același mod strălucirea, iar în prezent sunt clasificate în categoria *cefeide*. Unele dintre cefeide au un ciclu de trei zile, iar altele ajung până la cincizeci de zile. După cum voi explica mai târziu în carte, cefeidele s-au dovedit a

¹ *Magnitudine*: valoarea strălucirii relative a unei stele, pe o scară convențională de străluciri. Funcție de modul cum se determină, poate fi relativă, absolută, aparentă, fotovizuală, etc. (n.t.)

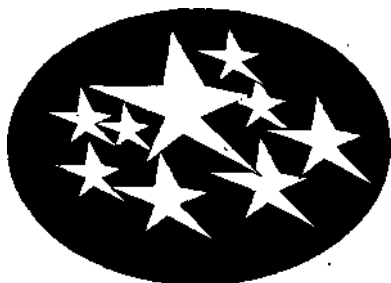
avea o importanță enormă pentru măsurarea distanțelor astronomice

81. CUM DIFERĂ STELELE ÎNTRE ELE?

Până în epoca modernă, principala caracteristică prin care stelele erau diferențiate era strălucirea lor. Hipparchus a fost primul care a împărțit stelele în clase, pe baza strălucirii lor. Primele douăzeci de stele, în ordinea luminozității lor, au *magnitudinea unu*. Apoi, în ordine descrescândă a strălucirii, stelele sunt încadrate într-a doua, a treia, a patra și a cincea clasă de magnitudine, în timp ce clasa a șasea este formată din stele ce abia pot fi zărite cu ochiul liber.

Strălucirea unei stele poate fi măsurată cu asemenea precizie, încât magnitudinea se poate exprima cu zecimale. Astfel, o stea poate avea magnitudinea 2,3 sau 3,6 și fiecare grad de magnitudine reprezintă o creștere de 2,512 ori a strălucirii, față de gradul de magnitudine precedent. O stea cu magnitudinea 2,0 este de 2,512 ori mai strălucitoare decât alta cu magnitudinea 3,0 și așa mai departe.

Unele dintre stelele aflate în prima clasă de magnitudine sunt atât de strălucitoare, încât valoarea corespunzătoare poate fi 0, sau chiar un număr negativ. Sirius, cea mai strălucitoare stea de pe cer, are o magnitudine de $-1,47$. Scala de magnitudini poate fi aplicată și altor obiecte, nu numai stelelor. În perioadele de maximă strălucire, Venus are magnitudine -4 , Luna are -12 , iar Soarele -26 . Domeniul magnitudinilor se poate extinde și la stelele vizibile numai prin telescop, așa că unele dintre ele pot avea magnitudini de ordinul 7, sau 8, mergând până la 20 și chiar



mai departe. O stea poate fi mai strălucitoare decât alta, nu pentru că emite mai multă lumină, ci pentru că se află mai aproape de noi. O stea puțin luminoasă, dar aflată relativ aproape, poate arăta mult mai strălucitoare decât una foarte luminoasă, care se găsește mult mai departe.

Cunoscând distanța la care se află o stea și magnitudinea ei, putem calcula strălucirea sa reală, sau *luminozitatea* acelei stele. Dacă presupunem că valoarea distanței până la orice stea este de 10 parseci (32,6 ani-lumină), putem calcula cât de strălucitoare ar fi ea pe cer la această distanță, mărime cunoscută sub denumirea de *magnitudine absolută*.

De pildă, dacă Soarele s-ar afla la o distanță de 10 parseci, ar avea o magnitudine de numai 4,6, deci nu este o stea foarte luminoasă. La aceeași distanță, Sirius ar avea magnitudinea de 1,3, deci este considerabil mai luminos și există stele al căror nivel de radiație este și mai ridicat. Steaua Rigel, din constelația Orion, are o magnitudine absolută de -6,2 și este de aproximativ 20 000 de ori mai luminoasă decât Soarele. Cu toate astea, stelele foarte luminoase sunt rare. Ele se remarcă prin strălucirea lor, dar nu sunt foarte numeroase și aproximativ nouă zecimi din stelele cunoscute sunt mai puțin luminoase decât Soarele.

În 1914, astronomul american Henry Norris Russell (1877-1957) a arătat că ele — sau cel puțin 95% dintre ele — pot fi ordonate într-o progresie. Cu cât masa stelei este mai mare, cu atât ea este mai luminoasă și mai fierbinte. Majoritatea stelelor, aranjate în ordine, de la mici, reci și întunecate, până la mari, fierbinți și strălucitoare, pot fi considerate într-o *secvență principală*¹.

Eddington, care a calculat temperatura internă a Soarelui, a explicat natura acestei secvențe principale. Cu cât o stea este mai masivă, cu atât forța gravitațională comprimă mai puternic materia, iar temperatura internă care echilibrează

¹ *Secvența principală* etapa principală și cea mai durabilă din evoluția unei stele, așa cum este ea concepută în prezent (n.t.)

această forță trebuie să fie mai mare. Cu cât temperatura este mai ridicată, cu atât steaua emite mai multă lumină și căldură. Cu alte cuvinte, cu cât o stea este mai masivă, cu atât ea trebuie să fie mai luminoasă, principiu cunoscut sub numele de legea *masă-luminozitate*.

Temperatura stelelor crește mai rapid decât masa lor, așa încât, dacă masa este suficient de mare, temperatura internă ajunge atât de mare, iar presiunea dezvoltată crește atât de mult, încât steaua devine instabilă și poate exploda. Din acest motiv, existența stelelor cu masa depășind de peste 60 de ori pe cea a Soarelui este foarte puțin probabilă.

Pe de altă parte, cu cât o stea este mai puțin masivă, cu atât temperatura necesară pentru a echilibra atracția gravitațională este mai scăzută. Dacă steaua este destul de mică, temperatura sa este atât de mică, încât nu strălucește deloc. Un obiect cu masa mai mică de o zecime din cea a Soarelui este întunecat și nu poate fi numit stea, în adevăratul sens al cuvântului.

Totuși, asemenea stele ratate ar putea avea masa de o sută de ori mai mare decât a lui Jupiter. Ele ar fi calde și ar radia lumină infraroșie, care este mai puțin energetică decât cea vizibilă. Aceste stele sunt numite *pitice brune* și sunt greu detectabile, dar astronomii le caută, deoarece consideră că există în număr mare și, în acest caz, afectează structura universului. Atâta timp cât o stea conține în structura sa o rezervă suficientă de hidrogen și continuă să producă radiații prin fuziune nucleară, ea rămâne în seria fundamentală.

82. CE SE ÎNTÂMPLĂ ATUNCI CÂND SE EPUIZEAZĂ REZERVA DE HIDROGEN A UNEI STELE?

După ce savanții au stabilit că stelele, inclusiv Soarele, își produc energia prin fuziune nucleară, aceasta a devenit o întrebare importantă. Soarele și stelele conțin, în general, o mare cantitate de hidrogen, dar rezerva lor nu este infinită și nu poate exista la nesfârșit. În acest caz, ce se întâmplă când rezerva de hidrogen se epuizează?

S-ar părea că, pe măsură ce cantitatea de hidrogen scade, steaua produce tot mai puțină energie, se răcește și nu mai poate contracara atracția gravitațională, așa că se va comprima și va deveni un obiect rece și dens — o stea moartă. De fapt, acest lucru se poate întâmpla cu timpul, dar până la dispariția definitivă a stelei, aceasta trebuie să parcurgă un număr de etape intermediare uimitoare. Această teorie privind clasificarea stelelor a apărut pentru prima dată în lucrările astronomului danez Ejnar Hertzsprung (1873-1967), cel care a avansat pentru întâia oară conceptul de magnitudine absolută.

Hertzsprung a descoperit că unele stele, care emit lumină roșie, au magnitudini absolute ridicate, fiind deci foarte întunecate. Altele aveau magnitudini absolute foarte mici și erau foarte luminoase. Între aceste extreme, n-a găsit nimic.

Dacă o stea emite lumină roșie, acesta este un semn neîndoielnic că suprafața ei este relativ rece, având o temperatură de numai 2000°C. O asemenea stea, dacă face parte din secvența principală, trebuie să aibă o masă scăzută, motiv pentru care este numită *pitică roșie*. Piticele roșii abundă în univers, trei sferturi dintre stele par să fie de acest tip.

Cele mai uimitoare sunt însă stelele roșii strălucitoare. Suprafața unei asemenea stele trebuie să fie rece, deci fiecare porțiune a ei emite mult mai puțină lumină decât o

porțiune egală din suprafața Soarelui, dar luminozitatea totală este mult mai mare. Singura explicație a acestui fenomen pare să fie aceea că, deși luminozitatea fiecărei porțiuni este redusă, suprafața totală este enormă. Cu alte cuvinte, stelele roșii strălucitoare sunt mult, mult mai mari decât Soarele, ceea ce explică luminozitatea lor ridicată. Ele sunt numite *gigante roșii*.

La început, se credea că gigantele roșii sunt stele în curs de condensare, stele foarte tinere, care urmează să devină mai mici și mai fierbinți, iar apoi vor continua să se condenseze și să se întunece, devenind pitice roșii. Dar nu putea fi așa, pentru că emit prea multă lumină și căldură pentru a fi doar stele în curs de condensare. Pentru o asemenea radiație energetică trebuie să existe deja procese de fuziune nucleară în nucleul lor. Continuând să studieze procesul de fuziune nucleară din interiorul stelelor, astronomii au ajuns la concluzia că gigantele roșii nu constituie un stadiu incipient al evoluției stelare, ci unul final.

Deci, pe măsură ce hidrogenul fuzionează în heliu, acesta se adună în centrul stelei, formând un *nucleu de heliu*. În acest timp, fuziunea hidrogenului continuă, la exteriorul acestui nucleu, care la rândul lui devine tot mai masiv și mai comprimat, iar temperatura lui crește, așa încât, cu timpul, steaua se încălzește în loc să se răcească. În cele din urmă, temperatura nucleului devine atât de ridicată, încât heliul începe să fuzioneze, formând atomi mai grei, cum ar fi carbonul sau oxigenul. Apoi căldura produsă de fuziunea heliului, adăugată la cea generată de fuziunea hidrogenului, devine mai mare decât cea necesară pentru echilibrarea atracției gravitaționale, iar steaua începe să se mărească. Pe măsură ce diametrul crește, straturile exterioare încep să se răcească, deoarece căldura este disipată pe un volum tot mai mare. Fiecare punct de pe suprafață se răcește, astfel încât steaua devine roșie, dar căldura totală emanată este mai mare decât era înainte de începerea procesului de expansiune.

În unele cazuri, acest proces de expandare se produce cu intermitențe dilatare, contractare, apoi iar dilatare, și așa mai departe, deși în cele din urmă dilatarea este cea preponderentă. Aceste expandări și contracții sunt cele care dau naștere stelelor variabile de tipul cefeidelor. Atunci când o stea începe procesul de expandare spre stadiul de gigantă roșie, se spune despre ea că „a părăsit secvența principală”.

Cea mai cunoscută gigantă roșie este Betelgeuse, aflată în constelația Orion. Diametrul său este estimat la 1 100 milioane de kilometri, ceea ce înseamnă că este de 800 de ori mai mare decât Soarele. Dacă Betelgeuse s-ar afla în locul Soarelui, corpul ei ar include întregul sistem solar interior. Suprafața sa ar fi undeva între orbita lui Marte și centura de asteroizi.

83. SOARELE VA DEVENI VREODATĂ O GIGANTĂ ROȘIE?

Va trebui să devină, atunci când rezerva sa de hidrogen se va epuiza, dar această primejdie încă nu este foarte apropiată. În total, Soarele ar trebui să rămână în secvența principală circa 10 miliarde de ani. Cum vârsta lui este de numai 4,6 miliarde de ani, înseamnă că este abia la jumătatea vieții. Desigur, cu timpul se va încălzi, iar în ultimele 1-2 miliarde de ani în care Soarele se mai află în secvența principală, Pământul s-ar putea să fie prea fierbinte pentru a mai adăposti viață. Dar asta înseamnă că tot ne mai rămân circa 3 miliarde de ani, și este puțin probabil că specia umană va mai rezista chiar și o mică fracțiune din această perioadă.

Desigur, dacă supraviețuim și învățăm să ne adaptăm creșterii de temperatură, după ce vor trece cam 5 miliarde de ani, Soarele va începe să se dilate. Fiind mult mai puțin masiv decât Betelgeuse, nu va ajunge atât de mare, dar va crește suficient ca să distrugă Pământul. Dacă între timp descendenții noștri nu vor reuși să se transfere într-un sistem

planetar aflat în jurul altei stele sau nu vor învăța să trăiască în spațiul cosmic, independenți de planete și stele, acesta va însemna sfârșitul speciei noastre

Durata cât se mențin în secvența principală diferă de la o stea la alta, funcție de masa pe care o au. Să nu uităm teoria lui Eddington, conform căreia cu cât o stea este mai masivă, cu atât căldura produsă pentru a echilibra atracția gravitațională este mai mare, iar creșterea temperaturii trebuie să fie mai rapidă decât creșterea masei. Asta înseamnă că o stea gigantică, având o mare rezervă de hidrogen, ajunge să o epuizeze rapid și rămâne în secvența principală mult mai puțin timp decât o stea pitică, care-și consumă mai lent resursele de hidrogen. Cu alte cuvinte, cu cât o stea este mai masivă, cu atât stă mai puțin timp în secvența principală. O stea având masa egală cu a Soarelui poate rămâne în secvența principală 10 miliarde de ani, dar o gigantă roșie mai micuță, nu atât de mare ca să devină o gigantă roșie strălucitoare, poate rezista 200 de miliarde de ani în această secvență. Pe de altă parte, stelele foarte luminoase au viața scurtă. Cele mari și foarte luminoase nu au șanse să rămână în secvența principală mai mult de câteva miliarde de ani.

84. DE CE MAI EXISTĂ STELE FOARTE LUMINOASE?

Aceasta este o întrebare bună. Dacă stelele gigantice au viața foarte scurtă, de ce mai există asemenea stele în secvența principală? De ce n-au devenit de mult gigante roșii? De pildă, Sirius are masa aproape de trei ori mai mare decât a Soarelui și își consumă hidrogenul cam de trei ori mai repede decât acesta. De aceea, ar trebui să rămână în secvența principală cam jumătate de miliard de ani. Dacă Sirius s-ar fi format odată cu Soarele, acum 4,6 miliarde de

ani, trebuia să fi devenit o gigantă roșie încă de acum 4 miliarde de ani, dar în realitate n-a devenit nici în prezent

Singurul motiv pe care-l putem imagina pentru a explica acest lucru este acela că Sirius s-a format cu mai puțin de jumătate de miliard de ani în urmă, iar în scurta sa viață n-a avut încă timp să se transforme într-o gigantă roșie. În mod similar, stelele foarte strălucitoare aflate în prezent în secvența principală trebuie să se fi format cu numai câteva milioane de ani în urmă, altfel s-ar fi transformat deja în giganti roșii.

Asta înseamnă că stelele nu s-au format toate odată, atunci când universul a luat ființă. Unele stele mici s-au dezvoltat la începuturile universului și ar putea să fie și astăzi în secvența principală, în timp ce altele, cu alte dimensiuni, au rămas doar scurt timp în secvența principală, uneori chiar foarte puțin timp, iar apoi au părăsit-o, în timp ce alte stele s-au format recent.

Suntem destul de siguri că Soarele însuși nu este de vârsta universului. Atunci când s-a format sistemul nostru solar, universul exista deja și arăta probabil cam ca în prezent. (Vom discuta mai târziu problema vârstei universului.) De fapt, n-avem nici un motiv să presupunem că procesul de formare a unor stele nu are loc și în prezent.

Necazul este că formarea unei stele este greu de urmărit. În primul rând, stelele se formează în interiorul unor giganti nori de praf și gaze și nu putem penetra cu ușurință acești nori, ca să vedem ce se întâmplă. În al doilea rând, formarea unei stele necesită o perioadă de timp ce poate fi foarte scurtă în termeni astronomici, dar extrem de lungă în comparație cu durata vieții omenești. Dacă timpul de condensare a unui nor cosmic este de un milion de ani, atunci rezultă că în toată perioada de cercetări astronomice, de la inventarea telescopului, n-am fi putut observa nimic. Cu toate acestea, astronomii sunt destul de siguri că noi stele continuă chiar acum să se nască.

85. CE ESTE O PITICĂ ALBĂ?

După formarea unei gigante roșii, majoritatea energiei de fuziune, care îi permitea să aibă o viață liniștită, este deja epuizată, mai ales că în această etapă o consumă într-un ritm mai susținut decât oricând. După cel mult câteva milioane de ani, nu se mai poate opune atracției gravitaționale.

Dacă ne oprim să ne gândim puțin, ne dăm seama că așa trebuie să fie, pentru că în cazul în care gigantele roșii ar rămâne multă vreme în această fază, atunci ar împânzi cerul. Toate stelele masive care au existat vreodată ar deveni până la urmă gigante roșii și ar rămâne așa. În realitate, gigantele roșii sunt puține, ceea ce înseamnă că trebuie să dispară (cel puțin din această fază), după o perioadă relativ scurtă de existență.

Atunci când o giganta roșie nu mai dispune de energia necesară ca să se mențină dilatată, trebuie să se contracte, dar nu la dimensiunile pe care le-a avut ca stea obișnuită aflată în secvența principală, ci mai mult, devenind un nou tip de stea pitică. Astronomii au aflat de existența acestor stele pitice cu mult înainte de a fi înțeles cum se modifică stelele în timp (*evoluția stelară*) și chiar înainte să fi descoperit gigantele roșii.

În 1844, F. W. Bessel, primul astronom care a făcut publică distanța reală până la o stea, studia mișcarea lui Sirius. În mod obișnuit, mișcarea proprie a stelelor se desfășoară foarte lent, în linie dreaptă. Dar nu așa se întâmpla și cu Sirius care, după cum a constatat Bessel, se deplasa oscilant. Analizând această excentricitate, Bessel a ajuns la concluzia că singura forță cunoscută care putea abate o stea de la traiectoria ei nu putea fi decât atracția gravitațională a unei alte stele.

Să presupunem că Sirius n-ar fi o stea solitară, ci una binară. Împreună cu perechea ei, s-ar deplasa prin spațiu, dar s-ar și roti una în jurul alteia, oscilând față de centrul gravitațional comun, iar acest centru gravitațional ar urma o traiectorie liniară prin spațiu. Atunci când Sirius s-ar găsi

pe o parte a acestui punct, perechea sa ar fi pe partea opusă, iar apoi ar schimba permanent locurile. Dacă Sirius și perechea sa ar înconjura centrul comun de masă în cincizeci de ani, iar Sirius ar fi de $2\frac{1}{2}$ mai masivă decât perechea sa, aceasta ar explica traiectoria oscilantă a stelei.

Dar de ce nu putea Bessel să vadă cea de-a doua stea? Concluzia logică era că aceasta este o stea stinsă. La acea vreme, oamenii nu aveau idee care ar putea fi sursa de energie a stelelor, dar oricare ar fi fost, Bessel s-a gândit că fusese epuizată, iar steaua-pereche, întunecată și rece, dar păstrându-și masa originală, se rotește în jurul centrului gravitațional.

Această stea a fost denumită „perechea întunecată”, iar mai târziu Bessel a descoperit că și steaua Procyon are o pereche întunecată.

Apoi, în 1862, astronomul american Alvan Graham Clark (1832-1897), în timp ce testa un nou telescop, a observat un punct foarte slab luminat, lângă Sirius. La început a crezut că este o imperfecțiune a telescopului, dar studiile ulterioare au arătat că ceea ce zărise era o stea întunecată. De fapt, văzuse perechea întunecată a lui Sirius, care are o magnitudine de 7,1. Aceasta nu era destul de luminoasă pentru a putea fi observată fără telescop, având cam $\frac{1}{8.000}$ din luminozitatea lui Sirius, dar nu este rece, nici întunecată. A fost atunci denumită „perechea mai puțin luminoasă” a lui Sirius. În prezent este numită Sirius B, în timp ce steaua mai luminoasă este Sirius A.

În 1896, astronomul american de origine germană John Martin Schaeberle (1853-1924) a observat perechea stelei Procyon. Numită în prezent Procyon B, aceasta are masa doar pe jumătate cât Sirius B și este cu mult mai puțin luminoasă decât aceasta.

Să revenim acum la Sirius B. După efectul ei asupra perechii sale, Sirius A, s-a calculat în cele din urmă că masa ei trebuie să fie aproximativ egală cu cea a Soarelui, dar are o luminozitate ce reprezintă $\frac{1}{130}$ din cea solară.

Cu câteva decenii mai târziu, după descoperirea relației dintre masă și luminozitate, caracteristicile acestei stele ar fi fost considerate uimitoare, deoarece o stea cu masa egală cu a Soarelui ar fi trebuit să aibă și luminozitatea egală cu cea solară. Dar la începutul secolului nostru nu era cunoscut încă acest principiu și de aceea astronomii n-au fost surprinși.

Ceea ce s-a părut totuși ciudat era faptul că, fiind atât de puțin luminoasă, Sirius B ar fi trebuit să fie mai rece, iar lumina ei să fie roșie. În loc de asta, lumina emisă de stea este albă, ca și cea provenită de la Sirius A. Era deci necesar să se obțină spectrul radiației lui Sirius B, pe baza distribuției culorilor și a poziției liniilor negre, s-ar fi putut determina temperatura suprafeței.

În 1915, W. S. Adams, cel care a detectat pentru prima oară dioxid de carbon în atmosfera venusiană, a reușit să obțină spectrul radiației lui Sirius B. Spre uimirea sa, a constatat că temperatura de la suprafața stelei este de 10 000°C, adică la fel de ridicată ca pe Sirius A și mult mai mare decât la suprafața Soarelui.

Acest lucru însemna că unitatea de suprafață de pe Sirius B emite mai multă lumină decât o porțiune egală din suprafața Soarelui. Atunci de ce Sirius B este atât de puțin strălucitoare, comparativ cu Soarele? Singurul răspuns posibil este că suprafața totală a acestei stele este foarte redusă, este o stea pitică, ba chiar o pitică foarte mică. Aceasta era prima stea descoperită, dintr-o întreagă clasă de stele fierbinți și foarte mici, cunoscute în prezent sub numele de *pitice albe*.

Știm acum că diametrul lui Sirius B este de numai 11 000 de kilometri, adică mai mic decât al Pământului. Dar, ca să exercite o atracție gravitațională suficient de puternică pentru a modifica traiectoria lui Sirius A, masa lui Sirius B trebuie să fie aproximativ egală cu a Soarelui. Cum poate însă o asemenea masă enormă să fie concentrată într-o sferă de dimensiunile unei planete?

Calculând densitatea lui Sirius B, ajungem la o valoare de circa 33 000 000 de grame pe centimetru cub, adică de 1 500 000 de ori mai mare decât a elementului osmiu¹, cea mai densă substanță cunoscută pe Pământ. Mai mult, gravitația la suprafața lui Sirius B trebuie să fie de 462 000 de ori mai mare decât cea de pe Pământ.



Cu numai câțiva ani înainte de descoperirea făcută de Adams, aceste valori extreme ar fi fost considerate pur și simplu ridicole, pe considerentul că nimic n-ar putea fi atât de dens. Chiar dacă supunem osmiul la presiuni enorme, atomii săi nu pot fi comprimați decât puțin. Cu puțin înainte însă, Rutherford își prezentase teoria conform căreia atomii conțin un nucleu central, foarte mic, ce concentrează aproape întreaga lor masă. La temperaturile și presiunile înalte din nucleul stelar, atomii se „sparg”, iar nucleele se deplasează liber, putând să se comprime mult mai strâns decât în cazul în care atomii ar fi intacti. Asemenea atomi „sfărâmați” sunt numiți *materie degenerată*.

Soarele are un nucleu format din materie degenerată, dar piticele albe sunt formate în totalitate din asemenea materie. Atunci când o gigantă roșie intră în colaps gravitațional și se transformă într-o pitică albă, straturile exterioare, care mai conțin hidrogen, sunt proiectate către exterior și părăsesc steaua, ca o sferă de gaz care se dilată în toate direcțiile, dispărând în final în spațiul cosmic. Piticele albe nou formate par de aceea să fie înconjurate de un inel de gaz, deoarece marginile sferei absorb mai multă lumină decât partea centrală. Ceea ce vedem în acest caz se numește *nebuloasă planetară*, pentru că sfera de gaz pare să umple o orbită planetară.

Odată formată, o pitică albă își consumă energia atât de lent, încât rezistă multă vreme în această fază, înainte

¹ Osmiu element din grupa a VIII-a, cu densitatea 22,7g/cm³ (n.t.)

să se răcească și să moară. Se crede că nici o pitică albă n-a apucat până în prezent să ajungă la sfârșitul existenței sale și că, printre stelele din univers, există cam 3 miliarde de pitice albe, prea puțin luminoase ca să poată fi observate, cu excepția celor aflate foarte aproape de noi.

86. CE ESTE O NOVĂ?

Vorbind despre evoluția stelară și despre modificările pe care le suferă diferitele clase de stele, ne-am îndepărtat mult de vechea concepție aristoteliană, conform căreia cerul este perfect și imuabil. Cu toate acestea, evoluția stelară este foarte lentă și observând pur și simplu stelele de-a lungul unei vieți omenești, sau chiar timp de câteva secole, nu putem sesiza prea multe schimbări.

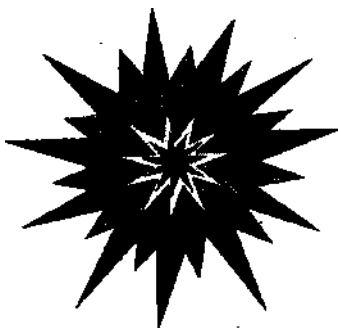
Totuși, din când în când putem remarca neîndoielnice schimbări, când pe cer apare dintr-o dată o nouă stea, care nu existase până atunci. Prima informație asupra unei asemenea observații este datorată lui Hipparchus, care se presupune că ar fi văzut un astfel de fenomen în 134 î.e.n., în constelația Scorpion. Nu putem fi siguri de asta, deoarece singura consemnare pe care o avem despre acest eveniment a fost scrisă de romanul Pliniu, cu două secole mai târziu.

După declinul din anii 100 a astronomiei grecești, cei mai buni astronomi din lume au rămas chinezii, care au consemnat apariția mai multor stele deosebit de strălucitoare, în secolele II-XII. În 1006, ei au observat o nouă stea, de două sute de ori mai strălucitoare decât Venus, iar în 1054 alta, de două-trei ori mai strălucitoare.

Nici una dintre aceste stele n-au fost anunțate de astronomii europeni, poate pentru că astronomia nu era la mare preț în acea epocă, iar noile stele nu sunt ușor de recunoscut de oamenii care nu studiază în mod permanent cerul, memorând forma constelațiilor. Mai mult, astronomii europeni erau atât de convinși de concepția aristoteliană

că stelele sunt imuabile, încât chiar dacă au văzut ceea ce părea a fi o nouă stea, au ezitat probabil să facă publică această observație

Toate stelele noi observate de chinezi se comportau exact ca niște stele obișnuite din toate punctele de vedere, cu excepția unuia nu erau numai noi, ci și temporare. Arătau cam ca niște puncte strălucitoare, imobile în raport cu stelele vecine, deci nu puteau fi meteori sau comete, iar durata lor de viață era cu atât



mai mare cu cât erau mai strălucitoare, deși niciodată nu rezistau mult timp. Chiar și steaua cea nouă din 1006, care era mult mai strălucitoare decât Venus, a rămas pe cer numai trei ani, timp în care strălucirea i-a scăzut permanent, până când a dispărut complet.

Momentul crucial a fost în 1572, când o nouă stea a apărut în constelația Casiopeea. Atunci când a fost observată pentru întâia oară, și ea era de câteva ori mai strălucitoare decât Venus. Putea fi observată și pe timpul zilei, iar în nopțile întunecate, fără lună, proiecta chiar o ușoară umbră. La acea vreme, în Europa astronomia tocmai începuse să revină în atenția oamenilor, iar cel mai mare astronom al vremurilor sale, Tycho Brahe, a văzut și studiat această stea. El a urmărit-o în fiecare noapte senină, timp de optsprezece luni, în care steaua a pâlit treptat și, în final, a dispărut. Apoi a scris o carte despre acest fenomen, *De nova stella* (Despre steaua nouă). De atunci, aceste stele noi sunt numite *nove*.

O altă stea nouă, mai puțin strălucitoare, a apărut în constelația Orfeu în 1604. Ea a fost observată și studiată de către Johannes Kepler.

Cinci ani mai târziu a apărut telescopul și, încetul cu încetul, astronomii au inventat tot felul de instrumente pentru studiul stelelor. Și totuși, ironia sorții, după 1604 n-au mai

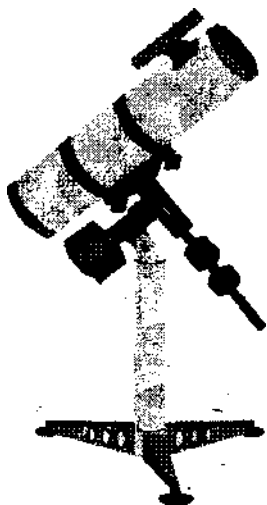
apărut pe cer stele noi care să fie mai strălucitoare decât cea mai strălucitoare planetă

Mai precis, au mai apărut nove de strălucire moderată, iar în secolul trecut au fost observate mai multe nove care arătau ca stelele de magnitudine unu, dar nu erau nici pe departe ca Jupiter sau Venus. În 1901, în constelația Perseu a apărut o novă denumită Nova Persei, cam de strălucirea stelei Vega. Mai strălucitoare a fost Nova Aquilae, observată în 1918, cea mai luminoasă dintre novele vizibile după 1604, care, pentru o vreme, a strălucit aproape la fel de intens ca Sirius. Au mai fost, de asemenea, Nova Herculis, în 1934 și Nova Cygni, în 1975.

Până la inventarea telescopului, novele păreau fenomene stranii pentru cei care le priveau. Apăreau din neant și dispăreau înapoi în spațiu. Oare erau mesaje ale zeilor, destinate să-i prevină pe oameni de apropierea unor dezastre? Erau semne că ordinea naturală a cerului începe să se prăbușească? Nu este de mirare că nici unul dintre puținii astronomi ai Europei medievale nu le-a menționat vreodată.

Și totuși, telescopul a schimbat situația. Nova Persei, de pildă, a pălit, dar n-a dispărut. Doar a devenit prea puțin strălucitoare pentru a putea fi văzută cu ochiul liber, dar poate fi observată prin telescop. La fel și celelalte nove apărute în secolul nostru. Mai mult decât atât, în fotografiile ale cerului, făcute înaintea apariției unor nove, se pot observa stele mai puțin luminoase, exact în pozițiile potrivite.

S-ar părea că, de fapt, este vorba de stele care-și sporesc brusc luminozitatea de sute de mii de ori, apoi pâlesc și revin la forma lor inițială. Fotografiile de mare finețe evidențiază la stelele care au trecut prin stadiul de nove un nor de gaz



emanat de stea, de parcă aceasta ar fi trecut printr-un fel de explozie, iar apoi ar fi revenit la normal

Dar această explicație nu face decât să ridice altă problemă de ce ar exploda deodată o stea care a strălucit liniștită un timp nedefinit?

În 1954, astronomul american Merle F. Walker, studiind steaua care fusese cu douăzeci de ani înainte Nova Herculis, a descoperit că era o stea binară — două stele orbitând în jurul centului gravitațional comun — și una dintre ele este o pitică albă. Este o situație similară cu cea în care se află Sirius A și Sirius B, dar cu o diferență importantă: acestea din urmă sunt departe una de cealaltă și nu se apropie niciodată la mai puțin de un miliard de kilometri, lucru care face ca o rotație completă să se producă în 50 de ani. În schimb, cele două stele care compun Nova Herculis se rotesc una în jurul celeilalte în 4½ ore, ceea ce înseamnă că sunt foarte apropiate. De fapt, distanța dintre ele este de numai 1,5 milioane de kilometri.

Datorită acestui fapt efectul gravitațional reciproc este foarte puternic, iar de la steaua normală, mai mare, se scurge hidrogen fierbinte spre pitica albă, a cărei atracție gravitațională la suprafață atinge valori extrem de mari. Dacă dintr-un motiv oarecare se scurge o cantitate mai mare de hidrogen către pitica albă, gravitația enormă de la suprafața acesteia produce o compresie instantanee, care declanșează reacția de fuziune nucleară. Se produce astfel o explozie nucleară colosală, care este observată ca o novă.

După această descoperire făcută în 1954, s-a dovedit că toate novele de strălucire medie pe care le putem studia sunt, de fapt, stele binare foarte apropiate, în care una dintre componente este o pitică albă. Asta înseamnă că putem fi liniștiți. Soarele nu va deveni pe neașteptate o novă, pentru că nu este o stea binară.

87. CE ESTE O SUPERNOVĂ?

Novele observate în secolul nostru nu erau nici pe departe atât de strălucitoare ca monștrii studiați de Tycho Brahe și de Kepler, sau ca aceea observată de astronomii chinezi. În 1934, astronomul elvețian Fritz Zwicky (1898-1974) a dat acelor nove foarte strălucitoare numele de *supernove*.

Studierea supernovelor (în afară de urmărirea lor și consemnarea faptului că erau foarte strălucitoare) a fost începută de astronomul francez Charles Messier (1730-1817). Acesta era un căutător de comete și fusese păcălit de câteva ori de o dâră gazoasă aflată pe cer, care se dovedise însă a nu fi o cometă. De aceea, în deceniul al optulea al secolului XVIII, el a întocmit o listă în care numerotase pozițiile acestor dăre gazoase, pentru a preveni pe ceilalți astronomi care căutau comete.

Obiectele de pe lista lui Messier sunt cunoscute sub numele de M1, M2 și așa mai departe, după numerele pe care le-a dat el. Acestea s-au dovedit a fi cu mult mai importante decât cometele. Să luăm, de pildă, chiar primul obiect de pe listă, M1, care este o dâră gazoasă aflată în constelația Taurului.

M1 a fost studiat mai în detaliu în 1844, de către astronomul britanic William Parsons, al treilea Lord de Rosse (1800-1867). El și-a construit un telescop foarte mare, care s-a dovedit inutil, deoarece se manevra foarte greu, iar cerul de deasupra proprietății lui din Irlanda, unde se găsea telescopul, era mai mereu acoperit. Cu toate acestea, el a studiat obiectul M1, care i-a apărut ca un nor turbulent de gaz, în care se răsuceau filamente luminoase. Datorită acestor filamente răsucite, el a numit obiectul M1 nebuloasa Crab, iar numele s-a păstrat până în prezent.

Studiul a fost continuat în 1921 de către astronomul american John Charles Duncan (1882-1967), care a constatat

că nebuloasa este ceva mai mare decât afirmase Rosse că ar fi. Norul părea să se dilate, iar astronomul american Edwin Powell Hubble (1889-1953) a sugerat că, datorită poziției sale, nebuloasa Crab ar putea fi rămășițele exploziei care a dat naștere supernovei din 1054. A fost măsurat ritmul de dilatare și, calculând invers, s-a ajuns la concluzia că explozia originală a avut într-adevăr loc cu nouă sute de ani în urmă.

Deci o supernovă este rezultatul unei explozii stelare, la fel ca o novă obișnuită, numai că explozia este mult mai mare. Dar ce ar putea să producă o astfel de super-explozie?

Primul indiciu referitor la această problemă a apărut în 1931, când un astronom de origine indiană, Subrahmanyan Chandrasekhar (născut în 1910), lucrând în Marea Britanie, a calculat masa unei pitice albe. Gradul de comprimare crește proporțional cu masa, iar Chandrasekhar a calculat că, dincolo de un anumit prag, steaua s-ar distruge. Acest prag, numit limita Chandrasekhar, este atins când masa stelei ajunge de 1,44 ori mai mare decât cea a Soarelui. O pitică albă cu o masă mai mare de atât, pur și simplu n-ar putea exista.

La început această limită n-a părut prea importantă, pentru că cel puțin 95% dintre stelele existente au o masă mai mică decât nivelul critic, de 1,44 ori cea a Soarelui. Toate aceste stele pot să se dilate, devenind gigante roșii, iar apoi să se contracte până la stadiul de pitice albe, fără nici o problemă.

Chiar și stelele foarte masive pot forma pitice albe, pentru că atunci când o stea masivă se dilată devenind giganta roșie și apoi se contractă, colapsul gravitațional afectează numai porțiunea interioară. Straturile exterioare sunt lăsate în urmă sau proiectate către exterior, formând nebuloase planetare. De aceea, pare firesc să presupunem că, indiferent cât de masivă ar fi o giganta roșie, nucleul care se contractă va avea întotdeauna mai puțin decât de 1,44 ori masa Soarelui și va forma o pitică albă, fără probleme. (În realitate s-a dovedit că nu-i chiar așa, iar acest lucru îl voi explica puțin mai târziu.)

Să presupunem acum că o pitică albă are masa de aproape 1,44 ori mai mare decât cea a Soarelui și face parte dintr-un sistem binar apropiat, perechea sa fiind o stea normală. Pitica albă atrage continuu materie de pe steaua normală, sporindu-și masa proprie. Chiar dacă materia atrasă este hidrogen, acesta fuzionează, devine heliu, și rămâne pe pitica albă. Rezultatul este o creștere lentă a masei, care poate depăși în cele din urmă limita lui Chandrasekhar.

Atunci când se întâmplă așa ceva, pitica albă nu-și mai poate menține structura și explodează. Explozia ei este de milioane de ori mai puternică decât cea mai mare novă. O astfel de supernovă strălucește o vreme cu intensitatea câtorva miliarde de stele obișnuite, apoi lumina ei pălește încet, iar pitica albă este în întregime distrusă, nelăsând nimic în urmă. Acest gen de explozie produce o *supernovă de tip I*, dar mai există și *supernove de tip II*, care sunt ceva mai puțin strălucitoare.

Este clar că Soarele nu va deveni niciodată o supernovă. Pitica albă pe care o va forma va avea o masă mult sub limita lui Chandrasekhar și nu are o stea pereche, de la care să câștige masă.

Spectrul radiațiilor emise de supernovele de tip I arată că acestea nu conțin hidrogen. Acest lucru era de așteptat, deoarece sunt produse prin explozia unor pitice albe, iar atunci când se produce contractarea gigantelor roșii, majoritatea hidrogenului este deja consumat, iar nucleul supus colapsului nu mai conține acest element.

Cu toate acestea, spectrul radiațiilor generate de supernovele de tipul II evidențiază prezența hidrogenului în proporții mari, ceea ce indică faptul că a explodat o stea care nu ajunsese încă în stadiul de pitică albă. Se pare că explodează chiar giganta roșie. Cu cât o stea este mai masivă, cu atât giganta roșie pe care o formează este mai mare, iar colapsul final este mai catastrofal. Dacă steaua este destul de mare, contracția este atât de bruscă și de drastică, încât întregul hidrogen rămas în zona de colaps este comprimat, intră în fuziune și produce o supernovă.

Tipul II de supernovă diferă de tipul I și prin alt element în timp ce pitica albă care explodează ca o supernovă de tip I nu lasă nimic în urma ei, giganta roșie care se contractă și explodează ca o supernovă de tipul II lasă o rămășiță rezultată din colapsul intern

Această rămășiță nu devine totuși o pitică albă. Un motiv este acela că, în cazul în care steaua este destul de masivă — să spunem, de 20 de ori cât Soarele — rămășița care se contractă va depăși limita lui Chandrasekhar și deci va fi prea masivă pentru a forma o pitică albă. Altă cauză ar putea fi aceea că forța colapsului intern este atât de mare, iar materia se comprimă cu atâta violență, încât chiar și la o masă inferioară pragului de 1,44 ori masa Soarelui, materia comprimată depășește stadiul de pitică albă.

Dar ce se întâmplă când un fragment stelar trece printr-un colaps care-l duce dincolo de stadiul de pitică albă?



În anul 1934, Zwicky și fizicianul american J. Robert Oppenheimer (1904-1967), analizau independent această problemă. Au decis că o pitică albă trebuie să fie compusă din nuclee libere și electroni liberi, iar electronii acționează ca un fel de frână, care nu lasă colapsul să ajungă prea departe. Această frână are însă o capacitate limitată de a împiedica condensarea. Dacă masa este prea mare sau colapsul foarte puternic, atunci electronii sunt forțați să se combine cu protonii din nucleele libere, formând neutroni. Se formează astfel o stea compusă în întregime din neutroni, care nu au sarcină electrică și pot să se apropie până când se ating. O astfel de stea, formată numai din neutroni, poate concentra întreaga masă a Soarelui într-o sferă cu diametrul de numai 14 kilometri. Aceasta este o *stea neutronică*.

Era o speculație interesantă, dar în anii '30 nu părea să existe vreo modalitate prin care un obiect atât de mic să poată fi detectat. Dacă Sirius B ar fi o stea neutronică în loc să fie o pitică albă, ar avea aceeași influență asupra traiectoriei lui Sirius A, dar luminozitatea ei ar fi doar $\frac{1}{750\,000}$ din cea actuală, ar avea magnitudinea cam de 20 și abia s-ar putea zări, cu cele mai bune telescoape actuale. Cu toate astea, Sirius B este pitica albă cea mai apropiată de noi. Astronomii s-au gândit că o stea neutronică aflată în locul oricărei pitice albe ar fi imposibil de detectat, așa că noțiunea a căzut în uitare, pentru următorii treizeci de ani.

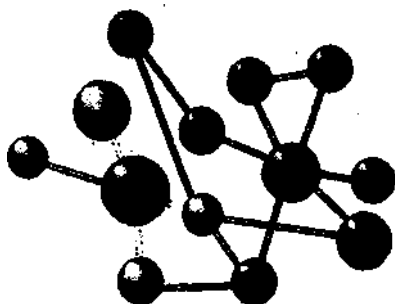
88. SUPERNOVELE SUNT UTILE LA CEVA?

Astronomii consideră că rolul supernovelor este vital, că fără ele viața n-ar exista pe Pământ și însăși planeta noastră n-ar exista. Gândiți-vă la următorul lucru. Atunci când s-a format universul, singurele elemente care au apărut erau hidrogenul și heliul, adică cele mai simple. (Desigur că nu era nimeni pe atunci ca să observe acest lucru, dar savanții au analizat posibilitățile și au ajuns — nu fără controverse — la această concluzie. Detaliile nu sunt nicidecum sigure, iar despre asta mai am ceva de spus, mai târziu.) Primele stele erau constituite din hidrogen și heliu, dar condițiile existente în nucleele lor au dus la formarea unor atomi mai complicați: carbon, oxigen, azot, siliciu și chiar elemente complexe, cum ar fi fierul. Acești atomi au rămas în nucleele stelelor și, chiar când acestea au devenit gigante roșii, iar apoi au ajuns la colaps, au rămas în continuare închise în nucleele comprimate.

Abia atunci când se produce explozia unei supernove are loc împrăștierea în spațiu a atomilor grei, care se adaugă norilor de gaze din univers, formând particule de praf. Atunci

când din asemenea nori „poluanți” se formează noi stele, acestea sunt *stele de generația a doua*, care conțin de la bun început și atomi complecși

Soarele este o stea de generația a doua. Fiecare atom din structura Pământului și din compunerea propriilor noastre corpuri (exceptând rarii atomi de hidrogen), a fost format odinioară în interiorul unei stele care a explodat. Dacă n-ar fi existat supernovele, Soarele ar fi fost format doar din hidrogen și heliu, iar Pământul și viața n-ar fi existat.



Sistemul solar s-a format cu 4,6 miliarde de ani în urmă, dintr-un nor de gaze și praf conținând elemente complexe, care se dezvoltaseră în interiorul stelelor și fuseseră împrăștiate în spațiu de către exploziile supernovelor. Este posibil ca norul să fi existat timp de miliarde de ani. Care a fost atunci motivul pentru care a început să se contracte și să se condenseze?

Nu știm precis de ce, dar o ipoteză ar fi aceea că explozia unei supernove a produs o undă de șoc datorită căreia o parte a norului a fost comprimată. S-a ajuns la intensificarea atracției gravitaționale din acea zonă a norului și a produs alte contracții, care la rândul lor au dus la apariția sistemului solar, aducând pe lume Soarele și Pământului. Dacă-i așa, atunci iată un alt motiv pentru care n-am fi putut exista fără supernove.

Mai mult decât atât, însăși viața este tributară supernovelor. Atunci când organismele se înmulțesc, nu se autocopiază cu precizie, dacă n-ar fi așa, atunci primele forme de viață (organisme simple, gen bacterii) nu s-ar fi schimbat niciodată. De fapt, odată cu imperfecțiunile accidentale apar, mai mult sau mai puțin accidental, unele îmbunătățiri care

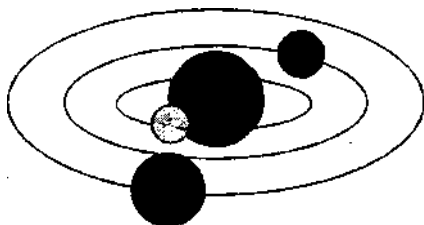
permit formelor de viață să devină tot mai complexe și mai bine adaptate condițiilor de mediu

Există diferiți factori care produc aceste imperfecțiuni ale copiilor, dar probabil cei mai importanți și inevitabili sunt cei generați de radiațiile cosmice (la care ne vom referi puțin mai târziu). Aceste radiații sunt produse de către exploziile supernovelor, iar faptul că viața de pe Pământ a evoluat dincolo de stadiul bacterian este datorat acestor explozii

89. EXISTĂ VIAȚĂ PE PLANETELE AFLATE ÎN JURUL ALTOR STELE?

Am ajuns mai devreme la concluzia că probabil nu există viață de tip terestru în sistemul solar, cu excepția Pământului, deși sateliții Europa și Titan ar putea prezenta foarte slabe șanse. Am putea, în acest caz, să ne întrebăm dacă nu cumva există viață pe planetele care se rotesc în jurul altor stele.

Înainte de a încerca să răspundem efectiv acestei întrebări, trebuie să ne lămurim dacă există planete în jurul altor stele. Cu peste o sută de ani în urmă, Nicholas de Cusa considera firească existența altor planete. Astronomii moderni cred că este foarte probabil ca el să fi avut dreptate, deoarece dacă sistemul nostru solar s-a format dintr-un nor de gaze și praf care a dat automat naștere și planetelor, acest lucru ar trebui să fie valabil și pentru multe alte stele, poate pentru majoritatea astrilor existenți.



Acesta este însă un raționament hazardat. Ar fi mult mai edificator dacă s-ar constata că altă stea are și ea un sistem planetar. Din păcate, chiar cu instrumentele actuale,

nu pot fi văzute planete în jurul altor stele Chiar dacă s-ar roti în jurul celei mai apropiate stele asemenea corpuri cerești s-ar afla la o distanță de 4,4 ani-lumină și ar străluci numai reflectând lumina stelei, astfel încât n-ar emite destulă lumină pentru a putea fi văzute de la o asemenea distanță Chiar dacă ar străluci suficient pentru a putea fi zărite, lumina mult mai puternică de la steaua din apropiere le-ar acoperi și le-ar face invizibile Cei patru sateliți mari ai lui Jupiter sunt destul de strălucitori pentru a fi zăriți cu ochiul liber, dar lumina mult mai puternică a planetei îi acoperă și nu-i putem vedea decât prin telescop)

Există, totuși, o soluție Sirius B a fost descoperită de către Bessel deoarece atracția ei obliga steaua Sirius A să se miște pe o traiectorie ondulatorie și nu pentru că ar fi fost zărită prin telescop Oare o planetă sau un grup de planete, n-ar putea face același lucru cu steaua în jurul căreia se rotesc?

Teoretic, este posibil, deși efectul ar fi extrem de mic În definitiv, Sirius B are o masă egală cu cea a Soarelui, dar am fi foarte norocoși dacă am da peste o planetă care să aibă măcar o miime din masa solară Dacă există mai multe planete, ele sunt distribuite în jurul stelei, iar efectul gravitațional se anulează parțial, cu excepția situației în care o planetă este mult mai masivă decât toate celelalte la un loc (cum este în cazul propriului nostru sistem planetar)

Șanse mai mari de a detecta existența unei planete în afara sistemului nostru solar am avea dacă am alege o stea apropiată, ca să putem măsura cu precizie orice deviație de la traiectorie Ar trebui, de asemenea, ca steaua să fie mică, astfel încât existența unei planete să o afecteze suficient de mult, iar planeta ar fi bine să fie cât mai mare, pentru a produce un efect observabil

Astronomul american de origine olandeză Peter Van de Kamp (născut în 1901) a cercetat stelele apropiate, tocmai pentru acest scop El a remarcat ușoare neregularități în mișcarea unor stele apropiate, cum ar fi 61 Cygni, Lalande 21185 și în special steaua Barnard

Aceasta din urmă a fost numită după astronomul Barnard care, în 1916, a fost primul care a observat că are cea mai rapidă mișcare proprie dintre toate stelele cunoscute — record pe care îi menține și astăzi. Deriva ei în 180 de ani este egală cu diametrul lunii pline, ceea ce reprezintă o viteză foarte mare pentru o stea. Acest lucru este justificat parțial de faptul că această stea este a doua ca apropiere de noi, doar la 5,97 ani-lumină. Pe lângă faptul că se găsește foarte aproape, dimensiunile ei sunt foarte mici, steaua fiind o pitică roșie, iar Van de Kamp, analizându-i mișcarea, a ajuns la concluzia că în jurul ei orbitează o planetă de mărimea lui Jupiter. În mod similar, el a mai găsit planete mari și în jurul altor stele pe care le-a studiat. Dar studiul său era la limita preciziei instrumentelor folosite, iar astronomii au ajuns ulterior la concluzia că rezultatele obținute nu sunt suficient de credibile.

Pe de altă parte, în ultimii ani s-a constatat existența, în jurul unor stele strălucitoare, a unor nori denși de praf. Este greu de negat posibilitatea ca aceștia să fie, de fapt, centuri de asteroizi, iar acolo unde există asteroizi, trebuie să se afle și planete mari. Cu toate acestea, până în prezent n-au fost observate efectiv planete aflate în jurul altor stele și trebuie să ne mulțumim doar cu raționamentul că existența lor este, totuși, foarte probabilă.

Dacă însă majoritatea stelelor *sunt* înconjurate de planete, ce ne spune asta despre posibilitatea existenței vieții pe aceste planete?

Cu siguranță că viața nu poate exista pe *orice* planetă din alt sistem planetar, așa cum nu poate exista pe toate corpurile din sistemul nostru solar. Este necesar ca planeta să fie prielnică vieții.

Ca primă condiție, planeta trebuie să aibă o orbită destul de stabilă. Dacă orbita ei este variabilă, pot exista perioade în care temperatura crește peste punctul de fierbere al apei sau altele în care scade sub frigul antarctic, iar în acest caz n-ar fi șanse să constituie un habitat primitiv pentru viața de tip terestru. Mai mult decât atât, planeta

trebuie să fie suficient de masivă pentru a putea menține o atmosferă și oceane, dar nu atât de masivă încât să rețină hidrogen și heliu

Chiar și presupunând că dimensiunile planetei sunt cele mai potrivite, că are compoziția chimică optimă și o orbită stabilă, nici prea departe, nici prea aproape de stea, astfel încât temperatura să se mențină permanent în domeniul în care apa este lichidă (așa cum se întâmplă pe Pământ, cu excepția regiunilor polare), este foarte important tipul de stea în jurul căreia se rotește. De exemplu, stelele mult mai masive decât Soarele nu sunt foarte potrivite, durata lor de viață în secvența principală este prea scurtă. În definitiv, pe Pământ au apărut organisme de complexitatea unei scoici abia după 3 miliarde de ani de la apariția vieții. Dacă acesta este ritmul normal al evoluției, atunci o planetă care se rotește în jurul unei stele ca Sirius n-ar putea da niciodată naștere unei forme de viață mai evoluate decât o bacterie primitivă, pentru că după numai o jumătate de miliard de ani steaua va deveni o gigantă roșie și va distruge planeta.

Mai departe, dacă steaua este mică și palidă, planeta trebuie să fie foarte aproape pentru a primi suficientă lumină și căldură, pentru formele de viață pe care le cunoaștem. Dar, la distanță foarte mică, efectul de maree face ca planeta să îndrepte permanent o singură față spre stea, deci o emisferă va fi prea rece, iar cealaltă prea fierbinte.

Cu alte cuvinte, steaua trebuie să fie cam de dimensiunile Soarelui.

De asemenea, steaua nu poate să fie componenta unui sistem binar apropiat și nu se poate afla în zone cu radiații puternice de la stelele înconjurătoare. Să presupunem că am ajuns la concluzia că doar una din trei sute de stele are șanse să posede o planetă care ar putea fi ospitalieră pentru viața de tip terestru, iar dintre stelele care îndeplinesc aceste condiții, numai una la trei sute are o planetă ale cărei dimensiuni, compoziție chimică și temperatură pot asigura mediul propice vieții. Aceasta ar însemna totuși că, împrăștiate printre stele, există milioane de planete locuite.

Și totuși, care sunt șansele ca, pe una dintre aceste planete, să se fi dezvoltat viață *inteligentă*, capabilă să elaboreze o civilizație tehnologică similară cu a noastră?

La această întrebare răspunsul nu este prea optimist. La urma urmelor, Pământul a trebuit să existe timp de 4,6 miliarde de ani, pentru a da naștere unei forme de viață capabilă de o civilizație tehnologică.

Chiar dacă șansele sunt mici, s-ar putea totuși ca printre stele să se fi dezvoltat mii de asemenea civilizații, dar mai rămâne încă o întrebare dificilă: cât timp supraviețuiește o civilizație tehnologică?

Ajungând să dispună de puternice surse de energie, ființele inteligente pot începe să le folosească în scopuri auto-distructive. Desigur, acum, când omenirea a pus la punct tehnologii înaintate, am început să le folosim în războaie devastatoare și suntem pe cale să ne distrugem mediul înconjurător, folosind aceste realizări. Dacă această atitudine este tipică, atunci universul poate fi plin de planete locuite pe care nu s-a ajuns la nivelul tehnologic sau care au atins deja un înalt nivel tehnologic și s-au auto-distrus. Ar mai rămâne astfel foarte puține lumi care, ca și noi, au ajuns la o civilizație tehnologică, dar n-au avut încă timp să se distrugă.

Cam prin anul 1950, fizicianul american de origine italiană Enrico Fermi (1901-1954), a formulat următoarea întrebare: unde sunt ei? Voia să spună că, în cazul în care stelele sunt pline de civilizații tehnologice, atunci de ce n-am fost contactați încă de nici o ființă extraterestră? (Nu putem lua în considerare nenumăratele povești despre farfurii zburătoare și astronauți preistorici, pentru că dovezile în sprijinul lor sunt extrem de reduse.)

Poate că extratereștri n-au apărut încă deoarece distanțele dintre stele sunt prea mari pentru a fi străbătute, sau au ajuns până la noi, dar ne-au lăsat să ne dezvoltăm în pace, sau n-au apărut din cine știe ce alt motiv. Doar pentru că extratereștrii nu sunt *aici*, nu putem fi siguri că ei nu există *undeva*.

Unii astronomi se străduiesc să descopere dovezi ale existenței civilizațiilor extraterestre, dar la această problemă vom reveni mai târziu

90. CE SUNT ROIURILE GLOBULARE?

Stelele nu sunt în mod obligatoriu izolate, ca Soarele nostru Herschel a descoperit stele binare și există dovezi că mai mult de jumătate dintre stelele de pe cer aparțin unor sisteme binare

Există însă și sisteme mai complexe Chiar și înainte de apariția telescopului oamenii priveau cu admirație Pleiadele, un grup de stele aflat în constelația Taur, format din șase stele vizibile cu ochiul liber, în care privitorii cu ochi ager pot observa chiar și o a șaptea Atunci când Galileo și-a îndreptat pentru prima oară telescopul spre Pleiade, în 1610, a reușit să numere 36 de stele, iar fotografiile obținute cu instrumentele actuale conțin peste 250

Pleiadele reprezintă însă un grup mic de stele Momentul crucial al acestei descoperiri a fost marcat de lista lui Messier, la care m-am referit mai devreme Al treisprezecelea element de pe această listă, M13, era un obiect ceșos, aflat în constelația Hercules Douăzeci de ani mai târziu, când William Herschel a studiat obiectul cu un telescop mult mai bun decât cel folosit de Messier, a constatat că era vorba de un gigantic grup de stele, foarte apropiate una de cealaltă În prezent, el este numit „Marele roi Hercules”

și se știe că este format din peste 100 000 de stele Datorită formei sale sferice, acesta constituie un exemplu de ceea ce se numește un roi globular În prezent se cunosc circa o sută de roiuri globulare



Distribuția acestor roiuri este ciudat de asimetrică. Astronomul britanic John Herschel (1791-1871) a evidențiat faptul că distribuția lor pe cer nu este uniformă, mai toate sunt localizate pe o parte a cerului, iar pe partea opusă nu există aproape deloc. De fapt, o treime dintre roiurile globulare se află în constelația Săgetător, care ocupă doar 2% din suprafața bolții cerești.

Această observație s-a dovedit, așa cum vom vedea în continuare, extrem de importantă.

91. CE SUNT NEBULOASELE?

Pe cer nu există numai stele sau roiuri globulare.

În 1694, Huygens a observat și a descris o zonă cețoasă din constelația Orion. Arăta ca un nor luminos și a fost numită *nebuloasă*, de la cuvântul latin care înseamnă *nor*. Nebuloasa descrisă de Huygens este cunoscută în prezent sub numele de „nebuloasa Orion”. Știm despre ea că este un nor gigantic de praf și gaze, având un diametru de circa treizeci de ani-lumină. Dacă întregul nostru sistem solar, de la Soare și până la cea mai îndepărtată cometă, s-ar afla în această nebuloasă, s-ar pierde în imensitatea ei, în care ar mai putea încapa cu ușurință încă o duzină de stele dintre cele care ne înconjoară. De fapt, nebuloasa Orion cuprinde multe stele, iar acestea o fac să strălucească datorită luminii difuzate.

În 1864, astronomul britanic William Huggins (1824-1910) a reușit să facă un studiu asupra spectrului nebuloasei Orion. Au rezultat linii luminoase izolate pe un fond întunecat, cum sunt cele produse de un gaz fierbinte, care au confirmat ipoteza că este vorba de un nor (similar, probabil, cu cel din care s-a format sistemul nostru solar). Astronomii sunt destul de convinși în prezent că nebuloasa Orion este unul dintre locurile în care tocmai se formează noi stele. Cercetările au dus la descoperirea unui mare număr de astfel

de nebuloase strălucitoare, ale căror dimensiuni variază în limite foarte largi

Nebuloasele nu sunt întotdeauna obiecte strălucitoare. Dacă nu conțin nici o stea, atunci sunt *nebuloase întunecate*. Herschel, de exemplu, a observat mici arii întunecate, în care nu strălucea nici o stea, aflate în regiuni cu densitate mare de stele. Foarte uimit de aceste zone întunecate, el a încercat să le explice ca fiind datorate unor „tunele” nepopulate cu stele, îndreptate cu „gura” către noi. Existau însă prea multe asemenea zone, iar explicația nu părea valabilă. N-aveau cum să existe atât de multe „tunele”, toate îndreptate spre noi.

Cam prin anul 1900, E. E. Barnard și, în mod independent, astronomul german Max F. J. C. Wolf (1863-1932) a sugerat că aceste tunele ar putea fi nebuloase întunecate, care obturează lumina stelelor aflate dincolo de ele. Se pare că cerul este presărat cu nori de praf, care ascund o parte din gloria universului, fapt care s-a dovedit deosebit de semnificativ pentru interpretarea distribuției stelelor în spațiu.

92. CE ESTE GALAXIA?

Dacă studiem cerul numai cu ochiul liber, vom avea impresia că este acoperit peste tot cu stele. Nu există zone mai dense sau lipsite de stele. De aici am putea trage concluzia că distribuția stelelor este uniformă în toate direcțiile, iar dacă totalitatea astrilor este inclusă într-o anumită formă, aceasta trebuie să fie o sferă. Pare o concluzie firească, din moment ce toate obiectele astronomice mai mari sunt sferice. De ce n-ar fi și universul sferic?

Desigur, cu ochiul liber nu putem vedea decât vreo 6 000 de stele aflate, în termeni astronomici, aproape de noi. Ce se întâmplă însă dacă folosim telescopul? Răspunsul la această întrebare este că vedem mult, mult mai multe stele, dar acestea par să fie distribuite tot uniform — cu excepția Căii Lactee.

Pentru cel care privește cu ochiul liber, Calea Lactee este o bandă slab luminată (care abia poate fi zărită de către orășeni, datorită iluminării artificiale) Are un ușor aspect lăptos și, într-adevăr, există un mit care spune că odată, când soția lui Zeus, Hera, alăpta un copil, din laptele ei s-ar fi format pe cer acea dungă vag luminoasă Grecii o numeau *galaxia kyklos* (inelul de lapte), iar romanii au botezat-o *via lactea* (calea lactee), de unde vine și denumirea actuală

Dar ce este, de fapt, Calea Lactee? Dacă lăsăm la o parte mitologia, putem începe prin a ne referi la filozoful grec Democrit (aprox 470-380 î.e.n.), care a sugerat prin anul 440 î.e.n. că ar putea fi vorba de un mare număr de stele mai puțin strălucitoare, care nu pot fi distinse individual, dar împreună dau naștere acelei luminozități slabe Nimeni n-a dat atenție părerii lui, care însă s-a dovedit perfect adevărată Acest lucru a fost demonstrat atunci când Galileo și-a îndreptat telescopul spre cer, în 1609, și a constatat că în Calea Lactee se află miriade de stele

Ce înseamnă „miriade”? Prima impresie pe care au avut-o oamenii privind cerul nopții a fost aceea că stelele sunt nenumărate, că există prea multe pentru a putea fi numărate Dar, așa cum am mai spus de câteva ori, numărul total de stele care pot fi observate cu ochiul liber este doar de vreo 6 000 Printr-un telescop însă, numărul lor este mult mai mare Oare asta înseamnă că sunt imposibil de numărat?

În direcția Căii Lactee, stelele sunt extrem de numeroase Comparativ, în celelalte direcții sunt mult mai rare, ceea ce înseamnă că trebuie să abandonăm ideea de formă sferică a tuturor stelelor luate la un loc Dacă dispunerea ar fi sferică, în orice direcție ar fi la fel de multe stele ca în Calea Lactee, iar cerul ar fi luminat feeric, stelele apropiate strălucind (mai puțin spectaculos decât acum) pe fundalul lăptos al celor îndepărtate

Trebuie să presupunem în acest caz, că stelele sunt dispuse în structuri gigantice care nu sunt sferice, ci se extind în direcția Căii Lactee pe distanțe mult mai mari decât în celelalte direcții S-ar putea, deci, ca stelele să fie grupate

într-o structură lenticulară, ca o chiflă. Această grupare stelară de formă lenticulară este numită *galaxie* (de la denumirea grecească a Căii Lactee), în timp ce *Calea Lactee* este un nume care desemnează doar dunga lăptoasă de lumină de vizibilă pe cer.

Prima persoană care a sugerat că stelele sunt grupate într-o galaxie lenticulară a fost astronomul englez Thomas Wright (1711-1786). El a lansat această ipoteză în 1750, dar ideile lui păreau atât de confuze și de mistice, încât la început prea puțini au fost cei care i-au acordat atenție.



Desigur, chiar dacă galaxia ar avea o formă lenticulară, ar putea să se întindă la nesfârșit. În afara ei s-ar putea afla relativ puține stele, iar în direcția Căii Lactee, nenumărate.

Pentru a clarifica această problemă, William Herschel și-a propus să numere stelele. Firește că ar fi fost nepractic să încerce să numere *toate* stelele într-un interval rezonabil de timp. El n-a făcut decât să aleagă 683 de zone mici, dispuse în diferite puncte ale cerului, și să numere în fiecare stelele care se puteau observa prin telescopul său. A realizat astfel ceea ce numim un „eșantion” al cerului. Aceasta a fost prima aplicare a statisticii în astronomie.

Herschel a constatat că numărul de stele din fiecare zonă era tot mai mare, cu cât aceasta se afla mai aproape de Calea Lactee, indiferent de direcție.

Pe baza numărului de stele pe care le număraseră, el a făcut o estimare a numărului total de stele din galaxie și a dimensiunilor acesteia. În 1785 și-a publicat rezultatele și a sugerat că diametrul mare al galaxiei este cam de 800 de ori mai mare decât distanța dintre Soare și Sirius, iar diametrul mic este de 150 de ori cât aceeași distanță.

Un secol și jumătate mai târziu, odată determinată distanța până la Sirius, s-a putut calcula că Herschel estimase galaxia ca fiind de 8 000 de ani-lumină pe diametrul mare și 1 500 de ani-lumină pe cel mic. După calculele sale, galaxia

ar conține cam 800 de milioane de stele. Este un număr mare, dar nu de nenumărat.

În ultimele două secole, astronomii au cercetat galaxia cu instrumente mult mai precise decât cele aflate la dispoziția lui Herschel și cu tehnici mult mai evoluat, ajungând la concluzia că este cu mult mai mare decât s-ar fi gândit Herschel. Această grupare de stele se întinde pe un diametru de cel puțin 100 000 de ani-lumină și conține cam 200 de miliarde de stele. Cu toate acestea, putem considera că Herschel a descoperit, ca să spunem așa, galaxia și a arătat că stelele nu sunt în număr nelimitat, ci pot fi numărate.

93. UNDE SE AFLĂ CENTRUL GALAXIEI?

Încă din 1805, când Herschel a constatat că Soarele se mișcă în raport cu stelele apropiate, a devenit clar că astrul zilei *nu* este centrul imobil al universului. Se părea totuși că poziția lui în galaxie este centrală, sau aproape centrală.

Calea Lactee este luminată aproape uniform pe cer, ceea ce face să pară rezonabilă ipoteza că sistemul solar este situat aproape de centrul galaxiei. Dacă s-ar afla la o margine, atunci Calea Lactee ar părea mult mai densă și mai strălucitoare într-o direcție decât în cealaltă. Privind în partea opusă centrului galaxiei, către marginea ei, am vedea relativ puține stele. Pe de altă parte, privind către centrul galaxiei am vedea un număr mult mai mare de stele.

Și totuși, în ciuda faptului că părea foarte rezonabilă, ipoteza că Soarele trebuie să se găsească aproape de centrul galaxiei s-a dovedit greșită. Dacă ar fi fost așa, nu numai că stelele Căii Lactee ar fi uniform distribuite în jurul nostru, dar galaxia ar fi simetrică din toate punctele de vedere față de sistemul nostru solar, ceea ce nu se întâmplă. Există, de pildă, problema roiurilor globulare, despre care am discutat anterior. Aproape toate sunt situate pe o parte a cerului, iar o treime dintre ele se găsesc în constelația Săgetător.

De ce această asimetrie neobișnuită? Răspunsul a început să se contureze în 1912, când astronomul american Henrietta Swan Leavitt (1868-1921) a făcut un studiu asupra *Norilor lui Magellan*. Aceștia sunt două dăre ceptoase, *Norul Mare* și *Norul Mic al lui Magellan*, care arată ca niște bucăți rupte din Calea Lactee. Pot fi observați doar din emisfera sudică și au fost numiți după primul european care i-a văzut, Ferdinand Magellan, care i-a descoperit în 1512, în timp ce traversa Strâmtoarea Magellan, aflată în sudul extrem al continentului american.

John Herschel a studiat aceste obiecte în 1834, dintr-un observator aflat la extremitatea sudică a Americii de Sud și a constatat că, la fel ca și Calea Lactee, sunt formate din ansambluri vaste de stele. Norii lui Magellan se întind în spațiu pe mulți ani-lumină, dar se află atât de departe de noi, încât stelele care intră în compunerea lor pot fi considerate ca fiind la distanțe egale de Pământ (la fel cum oamenii din Chicago, deși împrăștiați în tot orașul, pot fi considerați la distanțe egale față de Paris).

Norul Mic al lui Magellan conține un număr de cefeide, stele variabile de tipul celor descoperite de John Goodricke în 1784, pe care le putem considera ca aflate la distanțe egale de noi. Cefeidele au grade diferite de strălucire, fenomen determinat de doi factori: masa și distanța. În definitiv, strălucirea crește cu masa unei stele și descrește cu distanța până la noi. De aceea, o cefeidă neobișnuit de strălucitoare trebuie să fie ori foarte masivă, ori foarte aproape de noi, iar în general este imposibil de spus care dintre aceste alternative este cea adevărată. Dar cum toate cefeidele din Norul Mic al lui Magellan sunt considerate la aceeași distanță de noi, putem elimina distanța din analiză. Dacă observăm că în acel nor o cefeidă este mai strălucitoare decât alta, putem considera că este mai masivă, iar aceasta este cauza care o face mai luminoasă.

Leavitt a constatat că, în Norul Mic al lui Magellan, cu cât o cefeidă este mai strălucitoare, cu atât perioada ei de

Variație este mai mare între luminozitate și perioadă este o relație strânsă

Să presupunem acum că știm distanța până la o anumită cefeidă și i-am măsurat perioada de variație. Din acești factori se poate determina luminozitatea steii și rezultă *curba perioadă-luminozitate*, descoperită de Lewitt.

Studiind acum altă cefeidă din nor, după perioada ei se poate determina luminozitatea, pe baza curbei lui Lewitt, iar de aici se poate calcula distanța la care trebuie să se afle, pentru a apărea pe cer cu strălucirea pe care o are. Astfel, „etalonul cefeidelor” poate fi folosit pentru măsurarea distanțelor până la stele care se află mult prea departe pentru a prezenta o paralaxă măsurabilă.

Cu toate acestea, exista un inconvenient: chiar și cea mai apropiată cefeidă este prea departe pentru a-i putea măsura distanța cu ajutorul paralaxei, așa că lipsea o valoare pentru a putea folosi etalonul.

Cu toate acestea, în 1913, Ejnar Hertzsprung (cel care a descoperit gigantele roșii) a reușit, printr-un raționament atent, să determine distanța până la unele cefeide, fără a folosi paralaxa. Aceasta a permis folosirea etalonului.

În 1914, astronomul american Harlow Shapley (1885-1972) a aplicat etalonul la cefeidele pe care le localizase în diferite roiuri globulare. El a determinat distanța până la fiecare dintre ele și a proiectat un model al fiecărui roi, ținând cont de direcții și distanțe. A obținut astfel un model tridimensional al tuturor roiurilor globulare cunoscute, descoperind că acestea formează o sferă, al cărei centru se află la mii de ani-lumină de noi, în direcția constelației Săgetător.

Shapley a considerat rezonabilă ipoteza că roiurile globulare se află în centrul galaxiei, care pare astfel să fie foarte depărtat de noi. De fapt, el a supraestimat această distanță, iar în prezent știm că Soarele se află aproape de centrul galaxiei, la numai 30 000 de ani lumină față de acesta.

În acest caz, de ce nu vedem Calea Lactee mult, mult mai luminoasă în direcția constelației Săgetător? În realitate, Calea Lactee este, într-o anumită măsură, mai strălucitoare și

mai complexă în direcția acestei constelații decât în orice altă direcție, dar nu putem vedea centrul galaxiei și dincolo de el. Nebuloasele întunecate care împânzesc Calea Lactee obturează majoritatea stelelor aflate pe acea direcție.

Ceea ce vedem privind spre cer este doar o mică porțiune a galaxiei, care cuprinde regiunea exterioară din apropierea sistemului nostru solar — cu alte cuvinte, zona învecinată nouă. Dacă luăm în considerare doar această porțiune, atunci da, suntem aproape de centru, dar, cu toate astea, ne aflăm departe de adevăratul centru galactic.

94. CE ESTE EFECTUL DOPPLER?

Pentru a putea afla mai multe despre galaxie, trebuie să studiem un alt mod de a determina mișcările stelelor. Atunci când Halley a descoperit că stelele se mișcă, n-a putut măsura decât deplasarea lor în raport cu linia de vizare (adică mișcarea proprie), ca și cum stelele ar fi alunecat pe sfera cerului. Din momentul în care a devenit evident că sfera celestă nu există, iar stelele sunt distribuite la diferite distanțe față de noi, în vastitatea spațiului, s-a ridicat întrebarea: Oare o anumită stea se apropie sau se depărtează de noi? Această mișcare, de apropiere sau îndepărtare, este numită *mișcare radială*, deoarece steaua se deplasează în lungul razei unui cerc imaginar, având Pământul drept centru.

Oare cum am putea detecta această mișcare? Dacă o stea se deplasează direct spre noi sau în sens invers, poziția ei pe cer nu se schimbă. Desigur, dacă se depărtează, se va observa tot mai palidă, iar dacă se apropie va fi tot mai strălucitoare, dar stelele sunt atât de departe și se mișcă atât de încet în comparație cu distanțele enorme care le despart, încât ar putea să treacă mii de ani pentru ca o stea să-și schimbe strălucirea suficient pentru ca această modificare să poată fi detectată, chiar și cu instrumente de mare sensibilitate. Mai mult decât atât, chiar dacă o stea are o mișcare proprie, ea poate să se apropie sau să se

depărteze, pe o traiectorie oblică tridimensională. Oare cum ar putea fi observată o asemenea mișcare?

Răspunsul a fost găsit într-un fenomen observat pe Pământ, care nu părea să aibă nici o legătură cu stelele. Astfel, s-a observat că atunci când un cavalerist galopa la stăc, suflând în trompetă pentru a-și îmbărbăta camarazii și a înspăimânta inamicul, sunetul trompetei părea să-și schimbe tonalitatea, atunci când cavaleristul trecea pe lângă un ascultător imobil. În momentul în care trecea pe lângă ascultător, sunetul se schimba brusc pe o tonalitate mai gravă.

Acest fenomen ar fi putut trece neobservat în focul bătăliei, dar în 1815 a fost inventată locomotiva, de către inginerul britanic George Stephenson (1781-1848), iar după câțiva ani locomotivele călătoreau la fel de repede ca un cal în galop, dacă nu mai repede.



În plus, aveau de regulă un fel de fluier, pentru a-i preveni pe oameni atunci când treceau prin zone populate, deci a devenit un lucru obișnuit să se audă scăderea bruscă a tonului la trecerea locomotivei, iar întrebarea a reapărut.

Fizicianul austriac Christian Johann Doppler (1803-1853) s-a ocupat de această problemă și a decis, destul de corect, că la apropierea locomotivei fiecare undă sonoră câștigă ușor teren față de cea anterioară, astfel încât oscilațiile ajung la ureche mai dese decât dacă sursa ar fi staționară. Astfel sunetul este mai ascuțit decât în cazul unei locomotive care stă pe loc.

În schimb, atunci când locomotiva trece de ascultător și începe să se îndepărteze, fiecare oscilație sonoră este emisă dintr-un punct mai depărtat decât precedentă, așa că sunetele ajung la ureche mai rare decât dacă sursa ar fi staționară, fiind deci percepute cu un ton mai grav.

În 1842, Doppler a descoperit relația matematică dintre viteză și tonul sunetului și a verificat-o punând o locomotivă să plimbe o platformă înainte și înapoi, cu diferite viteze. Pe platformă se aflau trompetiști, care scoteau diferite sunete. La trecerea trenului, un grup de martori stătea pe loc și observa schimbarea de ton. Această modificare de ton a fost numită *efectul Doppler*.

La acea vreme se descoperise deja că lumina este și ea constituită din unde, a căror lungime este mult, mult mai mică decât cea a undelor sonore. Fizicianul francez Armand Hippolyte Fizeau (1819-1896) a arătat în 1848 că efectul Doppler ar trebui să afecteze orice unde generate de surse mobile, inclusiv lumina. Ca rezultat, manifestarea acestui fenomen în cazul luminii este numită uneori *efectul Doppler-Fizeau*.

Dacă o stea nu se apropie și nu se depărtează de noi, liniile negre din spectrul ei trebuie să rămână pe loc. Dacă însă steaua se îndepărtează, lumina primită de la ea are o lungime de undă mai mare (echivalentul scăderii tonalității), iar liniile spectrale se deplasează spre capătul roșu al spectrului (*deplasarea spre roșu*). Cu cât deplasarea este mai mare, cu atât steaua se depărtează mai rapid de noi.

Pe de altă parte, dacă steaua se apropie de noi, lumina pe care o emite are lungimea de undă mai mică (echivalentul ascuțirii tonului), iar liniile spectrale se deplasează spre capătul violet al spectrului. Și în acest caz, cu cât deplasarea este mai mare, cu atât steaua se apropie mai rapid de noi.

Dacă putem cunoaște atât mișcarea radială (spre sau dinspre noi), cât și pe cea proprie (laterală), putem calcula mișcarea reală a unei stele, în spațiul tridimensional. De fapt, viteza radială este cea mai importantă dintre cele două. Mișcarea proprie poate fi măsurată doar dacă o stea este destul de aproape ca deplasarea ei pe cer să fie destul de rapidă pentru a putea fi observată, iar în apropierea noastră se află doar o infimă fracțiune din totalitatea stelelor. Pe de altă parte, mișcarea radială poate fi determinată indiferent



**de distanța la care se află o stea, cu condiția să-i putem
obține spectrul**

În 1868, William Huggins a fost primul care a reușit să determine viteza radială a unei stele. El a constatat că Sirius se îndepărtează de noi cu circa 46 de kilometri pe secundă. În prezent dispunem de determinări mai precise, dar acesta a fost un rezultat destul de corect, pentru o primă încercare.

95. GALAXIA SE ROTEȘTE?

Toate obiectele din sistemul solar pe care le cunoaștem, de la Soare și până la asteroizi, se rotesc, unele mai rapid, iar altele mai lent. De aici am putea trage concluzia că și stelele se rotesc și că, de fapt, întreaga noastră galaxie se rotește. Dar cum ne putem da seama dacă este așa sau nu?

După ce astronomii au reușit să determine mișcarea reală, tridimensională, a unor stele, a devenit limpede faptul că stelele nu se mișcă la întâmplare

În 1904, de exemplu, astronomul olandez Jacobus Cornelius Kapteyn (1851-1922) a descoperit că un număr de stele din constelația Ursa Mare, ca și din alte zone ale cerului, se mișcă toate cam în aceeași direcție. De fapt, el a constatat că există două „curente” de stele, care se deplasează în direcții opuse.

În 1927, J. H. Oort (care a avansat mai târziu teoria norului de comete) a dat următoarea interpretare pentru existența celor două curente stelele din galaxie se rotesc în jurul unui centru comun. Cele aflate mai aproape de centru decât Soarele se deplasează mai rapid și ne depășesc, motiv pentru care par să se miște într-un anumit sens, cu diferite viteze, desigur



Cele aflate mai departe decât Soarele față de centru se deplasează mai lent, rămânând în urmă și dând impresia că

se mișcă pe aceeași direcție, dar în sens opus. Deci, dacă toate stelele se mișcă în aceeași direcție, unele mai repede și altele mai încet, în jurul centrului galactic, este firesc să spunem că galaxia se rotește.

Această rotație conduce la o concluzie importantă. Astronomii au motive să creadă că stelele sunt tot mai apropiate și formează roiuri tot mai dense, pe măsură ce ne apropiem de centrul galaxiei. De fapt, pare probabil că 90% din întreaga masă a galaxiei este concentrată în centrul acesteia, într-un volum relativ mic. Stelele aflate în afara centrului se rotesc în jurul acestei mase, la fel cum planetele sistemului solar orbitează în jurul Soarelui.

Demonstrând că galaxia se rotește, Oort a arătat că Soarele execută o mișcare completă în jurul centrului galactic la fiecare 230 de milioane de ani. Pe baza acestei perioade de rotație, cunoscând distanța de la Soare la centrul galaxiei, se poate calcula masa conglomeratului central de stele.

Rezultă că masa galaxiei — sau măcar a stelelor din care este formată — este de circa 100 de miliarde de ori mai mare decât cea a Soarelui, ceea ce nu înseamnă că în galaxie se găsesc 100 de miliarde de stele, deoarece Soarele nu este o stea tipică. Probabil că trei sferturi dintre stelele din galaxie sunt pitice roșii și peste nouăzeci la sută au masa mai mică decât cea a Soarelui. Dacă masa medie a stelelor este jumătate din cea a Soarelui, în galaxie ar putea exista cam 200 de miliarde de stele.

96. ÎN AFARĂ DE LUMINĂ, MAI PRIMIM ȘI ALTCEVA DE LA STELE?

Până în secolul nostru, se considera că singura informație semnificativă pe care o recepționăm din exteriorul sistemului nostru stelar este lumina. Cu ajutorul ei au fost studiate pozițiile stelelor, strălucirea, mișcările, temperatura, compoziția chimică, ba chiar și efectele gravitaționale reciproce. Dar la noi ajung și alte tipuri de informații de la stele.

După descoperirea radioactivității în 1896, savanții au început să detecteze radiațiile radioactive, folosind diferite instrumente. Au ajuns să poată fi detectate chiar și nivele extrem de scăzute ale acestor radiații. S-au ecranat detectoarele cu straturi de plumb, pentru a absorbi radiațiile cu nivel energetic ridicat, iar după grosimea ecranului necesar pentru a le bloca total accesul s-a determinat energia conținută. Savanții au fost foarte surprinși atunci când au constatat că, deși ecranele folosite ar fi trebuit să absoarbă toate radiațiile cunoscute, la detectoare ajungeau totuși radiații necunoscute, cu nivel energetic ridicat. Se punea întrebarea: oare ce era acea radiație necunoscută?

Un fizician american de origine austriacă, Victor Franz Hess (1883-1964), a pornit de la ipoteza că, indiferent ce radiație ar fi, trebuie să provină dintr-o sursă terestră. În 1911, el a încercat să dovedească acest lucru, înălțând cu ajutorul balonului un instrument detector, bine ecranat. A făcut zece ascensiuni cu balonul, dintre care patru noaptea, ridicându-se până la altitudinea de zece mii de metri. Spre marea sa mirare, a constatat că radiația detectată era cu atât mai puternică cu cât altitudinea era mai mare. La înălțimea cea mai mare pe care a atins-o, radiația era de opt ori mai intensă decât la suprafața Pământului, ceea ce a impus concluzia că nu era vorba de o emisie terestră, ci de una provenită din spațiu. Aceste radiații care bombardează Pământul din toate direcțiile au fost ulterior studiate și de alți savanți, iar în 1925 fizicianul american Robert Andrews Millikan (1868-1953) le-a numit *raze cosmice*, deoarece ajunge la noi din cosmos.

Nu era însă lămurită proveniența acestor raze cosmice. Chiar și Millikan credea că sunt unde asemănătoare luminii, cu energie mai mare decât aceasta. În schimb, un alt fizician american, Artur Holly Compton (1892-1962) considera că sunt particule subatomice cu sarcină electrică și cu energie cinetică foarte mare, ce călătoresc cu viteze apropiate de cea a luminii. Dar cum putea fi dovedit acest lucru?

Dacă razele cosmice erau unde similare luminii, magnetismul terestru nu le-ar fi afectat, dacă însă era vorba de particule cu sarcină electrică, trebuiau să fie deviate în câmpul magnetic terestru și atunci intensitatea bombardamentului ar fi fost mai mare la poli. În 1930, Compton a întreprins o călătorie și a măsurat intensitatea razelor cosmice în diferite puncte ale globului, constatând că, într-adevăr, intensitatea acestora era mai mare în apropierea polilor. Era clar că razele cosmice sunt particule cu sarcină electrică.

Studiile efectuate au dovedit că este vorba de același tip de particule ca în cazul vântului solar. Acestea sunt nuclee cu sarcină pozitivă, provenite mai ales din atomi de hidrogen. Atunci când exploziile solare produc vânt solar deosebit de intens, energia cinetică a nucleelor de hidrogen emise este atât de mare, încât acestea formează raze cosmice de slabă intensitate. Însă razele cosmice care ajung la noi de dincolo de limitele sistemului solar sunt cu mult mai energice decât cele produse de o simplă explozie solară, fiind mai degrabă provenite de la supernove. Pe de altă parte, atunci când trec pe lângă stele, razele cosmice sunt deviate de câmpurile magnetice, care le accelerează și le sporesc energia.

Razele cosmice sunt importante din mai multe motive. Am menționat deja influența lor asupra evoluției biologice, dar ele ne dau și informații despre compoziția chimică generală a universului și îi ajută pe fizicieni, producând în atmosferă coliziuni mult mai energice decât cele pe care le putem produce în prezent pe cale artificială. (Cu toate astea, uneori este nevoie de multă răbdare pentru a surprinde o anumită coliziune produsă de radiațiile cosmice, în timp ce reactoarele nucleare actuale pot produce reacții subatomice care, e drept, au nivel energetic mai redus, dar se pot obține oricând și în orice cantitate.)

O deficiență importantă a razelor cosmice rezidă în faptul că nu ne pot da informații precise despre fenomenele din univers. Traectoria lor este atât de mult deviată de câmpurile magnetice, încât nu poate fi aflată direcția din care provin.

Pe lângă razele cosmice, mai există și *neutrino*, particule subatomice fără sarcină, lipsite de masă, care călătoresc prin univers cu viteza luminii. Existența lor a fost fundamentată teoretic pentru întâia oară în 1938, de către fizicianul austriac Wolfgang Pauli (1900-1958). Particula a fost denumită *neutrino* (din expresia italiană *micul neutru*) de către Enrico Fermi, în 1932.

Deoarece particulele neutrino nu au masă sau sarcină electrică și interacționează extrem de rar cu materia obișnuită, ele sunt aproape imposibil de detectat. Existența lor era atât de probabilă, încât fizicienii au acceptat-o ca reală, dar abia în 1956 a fost demonstrată experimental, de către doi fizicieni americani, Frederick Reines (născut în 1918) și Clyde Lorrain Cowan (născut în 1919).

Spre deosebire de razele cosmice, particulele neutrino nu sunt afectate de câmpurile magnetice și călătoresc pe traiectorii la fel de liniare ca și lumina (exceptând efectele infime ale câmpurilor gravitaționale).

Inconvenientul principal este acela că neutrino trec prin materie, producând doar foarte rar ciocniri, deci nu pot fi detectate decât câteva particule, din multe trilioane care traversează dispozitivele de detecție. Reines, de pildă, a încercat zeci de ani să detecteze particulele neutrino emise de către Soare. El obținea permanent cam o treime din numărul de reacții care ar fi fost de așteptat în mod teoretic. Motivul acestei neconcordanțe nu se cunoaște încă, iar fenomenul este cunoscut sub numele sugestiv de „misterul neutrinoilor absenți”.

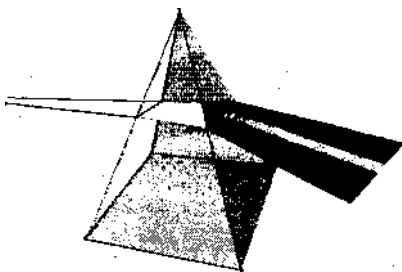
În 1987, când în Norul Mare al lui Magellan a apărut o supernovă (cea mai apropiată de noi, din 1604 încioace, adică la numai 150 000 de ani-lumină), prima indicație a exploziei a fost detecția a șapte neutrino într-un dispozitiv de detecție (un telescop neutrinic) amplasat sub Alpi. Pe măsură ce dispozitivele de detecție se vor îmbunătăți, este posibil să se descopere și alte particule de tip neutrino, care ne vor da mai multe informații despre evenimentele energetice care au loc în univers.

Lumina și radițiile similare călătoresc prin spațiu sub formă de unde, având și proprietăți de particule (Toate undele au proprietăți de particule, iar particulele au trăsături de unde) În 1905, Einstein a denumit ipostaza de particulă a luminii *foton*, de la cuvântul grec *lumină* Majoritatea informațiilor pe care le primim din univers sunt purtate și în prezent de fotoni, dar nu numai de cei aparținând luminii vizibile Mai există multe tipuri de fotoni, cu energie mai mică sau mai mare decât cei ai luminii vizibile

97. CE ESTE SPECTRUL ELECTROMAGNETIC?

Atunci când Einstein a introdus conceptul de foton, a devenit clar că nivelul energetic al fotonilor este cu atât mai mare cu cât lungimea de undă a luminii este mai mică Astfel, lumina roșie, care are cea mai mare lungime de undă din întregul spectru vizibil, are fotonii cu energia cea mai mică Fotonii corespunzători luminii portocalii, galbene, verzi și albastre au energie tot mai mare, iar lumina violet are fotonii cu cel mai ridicat nivel energetic Se pune totuși problema dacă există doar fotonii corespunzători luminii vizibile

Răspunsul este nu, iar acest lucru este cunoscut de aproape două secole, din anul 1800, când William Herschel a descoperit că spectrul se extinde dincolo de lumina roșie vizibilă El a pus un termometru în diferite puncte ale spec-



trului și a constatat că cea mai mare temperatură era imediat după extremitatea roșie a spectrului vizibil, ceea ce indica prezența unei radiații invizibile, dincolo de lumina roșie

Această radiație a fost numită *infraroșu* (ceea ce înseamnă sub roșu), termen la care m-am referit deja în legătură cu efectul de seră

În 1801, fizicianul britanic Thomas Young (1773-1829) a reușit să demonstreze că lumina este formată din oscilații cu lungimea de undă foarte mică. Fizicianul italian Macedonio Melloni (1798-1854) a arătat în 1850 că radiația infraroșie are proprietățile luminii obișnuite, doar că lungimea ei de undă este mai mare și nu este percepută de către ochi. Odată introdus conceptul de foton, s-a ajuns la concluzia că fotonii luminii infraroșii au energie mai mică decât cei ai luminii vizibile

Există radiații și dincolo de capătul violet al spectrului. În 1801, fizicianul german Johann Wilhelm Ritter (1776-1810), care efectua teste privind modul în care lumina produce înnegrirea anumitor compuși ai argintului, a constatat că efectul era tot mai pronunțat, pe măsură ce lumina folosită era situată mai aproape de capătul violet al spectrului, iar maximul se obține dincolo de capătul violet. Se părea deci că există și radiații în domeniul ultraviolet (adică dincolo de violet), deși acestea nu pot fi văzute, iar în prezent știm că lumina ultravioletă are lungimea de undă mai mică decât cea vizibilă, iar fotonii corespunzători au energie mai ridicată

Cam prin 1870, James Clerk Maxwell a prezentat un sistem de patru ecuații care descriu variația electricității și magnetismului și demonstrează că aceste două fenomene sunt aspecte diferite ale câmpului electromagnetic. Mai mult decât atât, el a demonstrat că, în cazul în care câmpul electromagnetic oscilează, undele produse călătoresc cu viteza luminii. Pentru anumite lungimi de undă se produce lumină, deci aceasta poate fi considerată un caz particular de radiație electromagnetică

Corespunzător diferentelor frecvențe de oscilație, câmpul electromagnetic produce lungimi de undă tot mai lungi, nu numai în domeniul infraroșu, ci și mult dincolo de acesta, dar și lungimi de undă foarte scurte, inclusiv radiație ultravioletă și dincolo de ea. Cu alte cuvinte, există și un spectru

electromagnetic, cu lungimi de undă care se întind de la lungimi incredibil de scurte, până la incredibil de lungi, iar lumina vizibilă ocupă doar un domeniu foarte restrâns

După ce Maxwell a demonstrat existența acestor radiații extreme, savanții au știut ce să caute și au reușit să le găsească. În 1888, fizicianul german Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) a descoperit undele radio, cu lungimi de undă mult mai mari decât cele ale radiației infraroșii. În 1895, alt fizician german, Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923) a descoperit razele X, care au lungimi de undă mult mai mici decât radiația ultravioletă. Apoi, în 1900, fizicianul francez Paul Ulrich Villard (1860-1934) a descoperit prezența printre radiațiile emise de substanțele radioactive a razelor gama, care au lungimi de undă mai mici chiar și decât razele X.

Fotonii undelor radio au energie mai redusă decât cei ai radiației infraroșii, fotonii razelor X au energie mai mare decât cei ai radiației ultraviolete, iar razele gama au fotoni cu energie și mai mare.

Stelele tind să emită fotoni în întreaga gamă a radiațiilor electromagnetice. În acest caz, de ce oare percepem numai domeniul îngust reprezentat de lumina vizibilă?

În primul rând, stelele de tipul Soarelui au un maxim al radiației emise, aflat în domeniul luminii vizibile, așa că este un lucru firesc pentru formele de viață care își bazează existența pe Soare să-și dezvolte un aparat senzorial capabil să recepționeze și să reacționeze la acest domeniu de radiații. Stelele mai reci, cum ar fi piticele roșii, au o radiație mai bogată în domeniul infraroșu. Stelele fierbinți, cum ar fi cele masive albastrii, emit mai intens în domeniul ultraviolet. Fenomenele foarte energetice din aceste stele fierbinți pot produce emisii neobișnuit de puternice de raze X sau chiar de raze gama.

În al doilea rând, atmosfera terestră, care este destul de transparentă pentru lumina vizibilă, devine relativ opacă pentru alte porțiuni ale spectrului, deci nu avem șanse prea mari să observăm celelalte forme de lumină. O parte din undele electromagnetice apropiate de spectrul vizibil reușesc

Însă să treacă, cum ar fi, de exemplu, radiațiile ultraviolete care penetrează atmosfera și produc insolații, având un nivel energetic mai ridicat decât lumina vizibilă

Începând cu anii '50, oamenii au început să trimită rachete dincolo de atmosferă și au realizat sateliți științifici, plasați pe orbite în jurul Pământului și echipați cu dispozitive capabile să înregistreze date despre domeniile spectrului electromagnetic ce nu penetrează atmosfera terestră. De pildă, studiind razele X emise de coroana solară, astronomii au putut demonstra că temperatura acesteia este de un milion de grade. Pe baza analizei radiațiilor infraroșii, astronomii au descoperit în jurul stelei Vega benzi de praf, care ar putea fi indiciul existenței unor planete. Tot cu ajutorul acestui tip de radiații s-a efectuat căutarea unor stele pitice brune. Sunt studiate de asemenea emisiile de radiații ultraviolete și chiar impulsurile izolate de raze gama.

Cu toate astea, nu încapă îndoială că, pentru astronomie, porțiunea cea mai utilă a spectrului electromagnetic s-a dovedit a fi domeniul undelor radio.

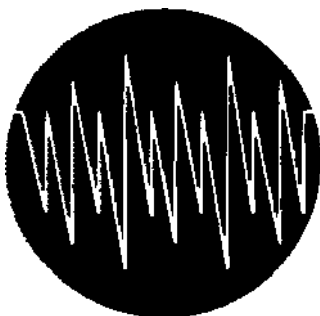
98. CUM S-A DEZVOLTAT RADIO-ASTRONOMIA?

În anul 1931, inginerul american Karl Guth Jansky (1905-1950), care lucra la Bell Telephone Laboratories, se ocupa de problema zgomotelor de fond care producea interferențe în comunicațiile radio dintre nave și țărâm. Zgomotul de fond are multe cauze, printre care se numără descărcările electrice atmosferice, echipamentele electrice aflate în apropiere, avioanele care survolează poziția stației radio și altele, care produc unde radio capabile să bruieze comunicațiile, introducând efecte aleatoare, ce duc la apariția unor pocnituri specifice în difuzoarele receptoarelor.

Jansky a realizat un dispozitiv capabil să detecteze sursele acestor unde radio parazite, iar cu ajutorul acestui

aparatură a descoperit un tip necunoscut de paraziți cu intensitate mică, un fel de fâșăit, a cărui sursă n-a putut inițial să o localizeze. Zgomotul venea de sus și se modifica permanent, de la o zi la alta. La început, Jansky a avut impresia că paraziții se deplasează simultan cu Soarele. Apoi a remarcat că sursa se mișcă ceva mai rapid, avansând cam cu patru minute pe zi în raport cu astrul zilei — exact cu cât avansează și stelele.

Jansky s-a gândit atunci că sursa paraziților trebuie să se afle în afara sistemului solar, iar în 1932 a reușit să o localizeze în constelația Săgetător, pe direcția în care se știe în prezent că se află centrul galaxiei. Compania Bell a publicat aceste rezultate înainte de sfârșitul anului 1932 și, cu toate că la vremea respectivă faptul n-a atras prea mult atenția lumii științifice, a marcat nașterea *radio-astronomiei*.



Unul dintre motivele pentru care descoperirea lui Jansky a trezit prea puțin interes a fost faptul că astronomii din acea vreme, neînchipuindu-și vreodată că ar putea recepționa unde radio din cer, nu aveau echipamentul necesar pentru a recepționa și analiza asemenea radiații. Un alt inginer american, Grote Reber (născut în 1911), încercând să fructifice descoperirea lui Jansky, a construit în 1937 un receptor radio cu antena în formă de paraboloid (ca oglinda unui far de automobil). Având un diametru de treizeci și unu de metri, această antenă capta și reflecta undele radio, focalizându-le, astfel încât puteau fi studiate mai ușor. Astfel a fost realizat primul radio-telescop, iar Reber a devenit primul radio-astronom.

Reber a descoperit și a cartografiat zonele de pe cer care păreau să fie surse radio mai puternice. El a numit aceste zone *stele radio*, iar pozițiile lor formau *harta radio*. În 1942

și-a publicat rezultatele, dar cel de al II-lea război mondial era în toi, motiv pentru care n-a stârnit prea mult interes

Cu toate acestea, undele radio cu lungime foarte mică, numite microunde, a căror gamă se întinde până la domeniul infraroșu, s-au dovedit a fi foarte utile în război. Aceste unde pot fi emise în impulsuri, care sunt reflectate de către aeronave. Cunoscând direcția din care se primesc reflexiile și timpul scurs între impulsul emis și cel recepționat se poate calcula poziția avionului, direcția de deplasare și viteza acestuia. Acest proces a fost denumit *Radio Detection And Ranging*¹, expresie prescurtată ca *radar*.

Radarul a fost perfecționat rapid în Marea Britanie de către o echipă condusă de fizicianul britanic Robert Alexander Watson-Watt (1892-1973). Contribuția radarului a fost decisivă, el permițând aviației regale britanice, inferioară numeric, să înfrângă puternica Luftwaffe² și să câștige Bătălia Angliei, în ultima parte a anului 1940.

În procesul dezvoltării radarului au fost inventate o serie dispozitive de detecție a undelor radio, iar la sfârșitul războiului a devenit posibilă recepționarea cu mare precizie a emisiilor provenite din spațiu. Au fost construite radio-telescoape tot mai mari, fiind mult mai lesne de realizat decât telescoapele optice.

Desigur, microundele sunt mult mai lungi decât cele corespunzătoare luminii vizibile, ceea ce înseamnă, desigur, că „imaginea radio” este mai imprecisă decât cea optică. Cu toate acestea, pe măsură ce radio-telescoapele au devenit mai mari, calitatea recepției s-a îmbunătățit.

Radio-telescoapele pot fi construite la distanțe mari unele de altele, realizându-se sincronizarea lor prin calculator, astfel încât efectul general este cel care s-ar obține cu o singură instalație cu diametrul de mai mulți kilometri. În

¹ *Radio Detection And Ranging*: localizarea și măsurarea distanței prin radio (n.t.)

² *Luftwaffe*: aviația germană, în al II-lea război mondial (n.t.)

acest mod imaginea radio a devenit mult mai precisă decât cea optică

Acesta este motivul pentru care, începând chiar din anii '50, radio-astronomia s-a dovedit extrem de utilă, furnizând despre univers informații pe care astronomia optică obișnuită n-ar fi putut să le ofere. Ca rezultat, în ultimii treizeci de ani am aflat despre univers mai multe lucruri decât în toată istoria omenirii

99. CE SUNT PULSARIII?

Când astronomii au trecut la detecția cu microunde, au constatat că au două avantaje enorme. În primul rând, acesta este singurul domeniu, cu excepția luminii vizibile, față de care atmosfera terestră este transparentă. Există o fereastră de microunde spre univers, la fel ca fereastra de lumină, ceea ce înseamnă că radiațiile din domeniul microundelor provenite din univers pot fi studiate de pe suprafața Pământului și nu este necesară folosirea sateliților.

În al doilea rând, microundele pot penetra ceața, umezeala atmosferică și norii de praf, care sunt medii opace pentru lumina obișnuită. Acest lucru a fost descoperit în timpul războiului, când avioanele atacatoare puteau fi urmărite chiar și atunci când se considerau ascunse de ceață sau nori. În mod similar, zone ale universului care sunt opace pentru lumina vizibilă se dovedesc transparente pentru microunde și putem astfel studia în gama undelor radio ceea ce nu se observă în domeniul vizibil. Astfel, centrul galaxiei a putut fi, în sfârșit, studiat, cu ajutorul emisiei sale de microunde.

Mai aproape de noi este emisia planetei Venus, care a fost detectată pentru întâia oară în 1956 și a fost primul element care a sugerat astronomilor faptul că planeta este foarte fierbinte. Mai mult decât atât, sondele spațiale trimise spre Venus au emis microunde care au penetrat straturile

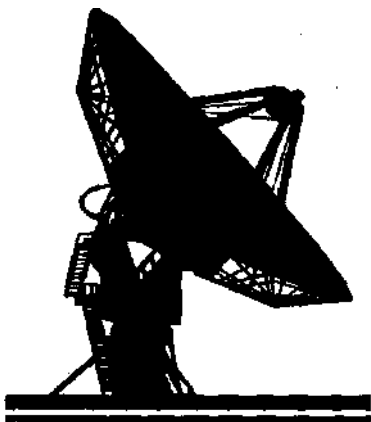
de nori și s-au reflectat de suprafața solidă aflată dedesubt. Pe baza semnalelor reflectate s-a putut cartografia suprafața planetei, începând din anul 1962, deși n-ar fi putut fi observată în domeniul luminii vizibile, cu excepția micilor zone fotografiate de aparatele lansate în atmosferă.

Semnalele radar au permis să se determine și viteza de rotație a planetelor Venus și Mercur. S-a constatat că Venus se rotește mult mai încet decât se crezuse (și în direcție inversă), în timp ce Mercur se rotește mai rapid.

În 1955, astronomul american Kenneth Linn Franklin (născut în 1923) a descoperit o puternică emisie de micro-unde provenind de pe Jupiter, care a fost explicată în cele din urmă în 1960, când s-a demonstrat că planeta are un câmp magnetic mult mai mare decât cel al Pământului. Acest fapt a fost confirmat în anii '70, când s-au trimis stații automate dincolo de Jupiter.

Descoperiri și mai spectaculoase s-au făcut cu ajutorul radio-astronomiei în universul de dincolo de sistemul solar. Așa cum am menționat anterior, Zwicky și Oppenheimer au făcut speculații independente în legătură cu existența stelelor neutronice, aștri extrem de compresionați, formați numai din neutroni, care conțin masa unei stele obișnuite într-o mică sferă, cu diametrul

de numai câțiva kilometri. Astronomul american Herbert Friedman (născut în 1916) a cercetat posibilitatea ca o astfel de stea să se fi format din explozia supernovei care a dat naștere nebuloasei Crab. Au fost detectate emisii de raze X provenite din diferite surse de pe cer, printre care și nebuloasa Crab. Oare ar putea această sursă să fie o stea neutronică, rămasă în nebuloasa Crab?



În iulie 1964, Luna urma să facă o trecere prin fața nebuloasei, iar Friedman coordona trimiterea unei sonde spațiale care să urmărească emisia de raze X pe timpul acestui fenomen. Dacă proveneau dintr-o stea neutronică, razele X trebuiau să fie brusc și complet întrerupte la trecerea Lunii prin fața micii stele. Dacă radiațiile scădeau treptat, pe măsură ce Luna se deplasa în fața nebuloasei, atunci ar fi rezultat că sursa este întreaga nebuloasă și nu un obiect mic din interiorul ei. S-a confirmat a doua ipoteză, iar cei care sperau să descopere astfel o stea neutronică au fost dezamăgiți.

Totuși, în 1964 s-a făcut o nouă descoperire. Undele radio provenite din anumite regiuni ale cerului păreau să prezinte o rapidă variație în intensitate. Erau ca niște „scânteieri radio”, ici și colo. Astronomul britanic Antony Hewish (născut în 1924) a proiectat un radio-telescop care permitea studiul mai detaliat al modificărilor rapide în domeniul microundelor. El a coordonat construcția a 2 048 de receptoare dispuse pe o suprafață de peste un hectar, iar în iulie 1967 acestea au fost puse în funcțiune.

În mai puțin de o lună un tânăr student britanic, Joycelyn Bell, a detectat impulsuri de microunde, provenite dintr-un punct aflat la jumătatea distanței dintre Vega și Altair. Impulsurile s-au dovedit a fi uimitor de scurte, având o durată de numai a treizecea parte dintr-o secundă. Și mai uimitor era faptul că perioada lor de repetiție era remarcabil de regulată. De fapt, era atât de constantă încât i s-a putut determina durata cu o precizie de o sutime de milionime de secundă: era 1,33730109 secunde. Până în februarie 1968, când Hewish a făcut publică această descoperire, mai reușise să localizeze trei astfel de surse de impulsuri radio, iar de atunci și până în prezent s-au mai descoperit câteva sute.

Firește, la început nu se putea spune ce pot fi aceste impulsuri. Hewish s-a gândit că este vorba de stele pulsatorii, care emit energie în impulsuri. De aici a apărut aproape imediat prescurtarea pulsar, cu care au fost denumite noile obiecte descoperite.

Toți pulsarii se caracterizează prin perioade de repetiție extrem de regulate, dar valoarea exactă variază de la un pulsar la altul. Există unul cu perioada de 3,7 secunde. În noiembrie 1968, astronomii au descoperit în nebuloasa Crab un pulsar cu perioada de numai 0,033089 secunde, care emite de treizeci de ori pe secundă. De atunci și până în prezent au mai fost descoperiți câțiva pulsari a căror frecvență de repetiție ajunge la câteva sute de impulsuri pe secundă.

S-a pus atunci întrebarea ce ar putea produce asemenea emisii scurte, cu o fantastică regularitate? Ceva trebuie să orbiteze, să se rotească sau să pulseze, iar la fiecare revoluție, rotație sau pulsație să emită un impuls de microunde. Totuși, pentru a putea face asta, este necesară o perioadă de secunde sau sutimi de secundă, ceea ce implică dimensiuni foarte mici și un câmp gravitațional foarte puternic. Pulsarii nu pot fi, de pildă, pitice albe, pentru că acestea sunt prea mari, iar câmpul lor gravitațional este prea mic. Dacă ar orbita, s-ar roti sau ar pulsa cu asemenea frecvență, s-ar spulbera.

Astronomul american de origine austriacă Thomas Gold (născut în 1920) a sugerat imediat că pulsarii trebuie să fie stele neutronice care se rotesc. Acestea sunt suficient de mici pentru a se roti în fracțiuni de secundă, iar gravitația de la suprafața lor este destul de intensă pentru a le împiedica să se dezintegreze datorită forței centrifuge. Era deja demonstrat teoretic faptul că o stea neutronică are un câmp magnetic extrem de puternic, al cărui poli trebuie să se afle la polii de rotație. Electronii sunt reținuți atât de puternic de către atracția gravitațională a stelei neutronice, încât nu pot să se desprindă decât pe la poli. Atunci când sunt expulzați, electronii emit energie, sub formă de microunde. Dacă fascicolul radio astfel format se întâmplă să fie în direcția noastră, atunci la fiecare rotație recepționăm un impuls sau chiar două.

Gold a arătat că, pe măsură ce steaua emite energie sub formă de microunde, pierde treptat energie cinetică de rotație, deci perioada trebuie să scadă lent. Această ipoteză a

fost verificată la mai mulți pulsari și s-a confirmat. În particular, perioada pulsarului din nebuloasa Crab crește zilnic cu 36,48 miliardimi de secundă.

Nebuloasa Crab conține totuși o stea neutronică, dar emite raze X și din alte zone. Doar 5% din razele X emise de nebuloasa Crab provin de la pulsar, iar acest lucru l-a indus pe Friedman în eroare. În 1969, astronomii au descoperit că pulsarul din nebuloasa Crab emite și scurte impulsuri luminoase, cam de 30 de ori pe secundă, motiv pentru care a fost numit *pulsar optic*.

Primul pulsar cu adevărat rapid a fost localizat în 1982. Acesta emite impulsuri radio de 642 de ori pe secundă. Este probabil unul dintre cei mai mici pulsari, având un diametru cam de 5 kilometri și o masă de două-trei ori mai mare decât a Soarelui. Au mai fost descoperiți și alți pulsari rapizi.

Uneori, pulsarii își accelerează puțin mișcarea pe neașteptate, iar apoi revin la perioada lor regulată. Astronomii presupun că aceste neregularități ar putea fi efectele unor cutremure stelare, care modifică distribuția masei în cadrul stelei neutronice. O altă cauză ar putea fi impactul unor corpuri mai mari, care sunt absorbite de steaua neutronică și își adaugă propriul moment de rotație la cel al stelei.

100. CE SUNT GĂURILE NEGRE?

Încă din secolul al XIX-lea, Laplace (care a avansat pentru prima dată ipoteza nebulară) arăta că viteza necesară pentru desprindere este cu atât mai mare cu cât obiectul este mai masiv și mai dens, deci are o atracție gravitațională mai puternică. Există valori ale masei și densității pentru care viteza necesară pentru desprindere egalează sau depășește pe cea a luminii. În acest caz, obiectul nu poate emite lumină.

La vremea respectivă, ipoteza părea o simplă speculație, pentru că nu se cunoștea nimic suficient de masiv sau dens

pentru a se apropia măcar pe departe (ca masă sau densitate) de valorile susceptibile de a genera asemenea situație

Totuși, în 1939, când Oppenheimer a prezentat proprietățile stelei neutronice, el a arătat că, în cazul în care masa unei asemenea stele depășește de mai mult de 3,2 ori pe cea a Soarelui, nici neutronii care o compun nu mai pot rezista atracției gravitaționale. Se produce atunci un colaps gravitațional cărui nu-i poate rezista nici o formă de materie, iar steaua se reduce la un punct lipsit de volum, cu masă și densitate infinite.

O asemenea stea superneutronică n-ar putea emite lumină, după cum a prezis Laplace. Ar putea fi

descrișă ca un „gaură” de adâncime infinită în spațiu, în care ar putea să cadă orice, dar din care n-ar putea ieși nimic. Deoarece nici lumina n-ar putea ieși, fizicianul american John Archibald Wheeler (născut în 1911) a propus să fie numită gaură neagră și denumirea a fost adoptată.

Totuși, în anul 1970, fizicianul britanic Stephen William Hawking (născut în 1942) a scos în evidență că găurile negre s-ar putea „evapora” încet, deci nu sunt obiecte permanente.

Formarea găurilor negre este cel mai probabil să aibă loc acolo unde stelele sunt aglomerate, coliziunile sunt frecvente, iar aștrii pot să se adune, formând mase enorme ce pot suferi un colaps. Rezultă că găurile negre pot fi găsite în centrul roiurilor globulare și au probabilitate mare de apariție în centrul galaxiei.

Într-adevăr, micul nucleu al galaxiei noastre, aflat în direcția constelației Săgetător, este atât de activ — adică emite atât de multă energie (să nu uităm faptul că prima descoperire a surselor de unde radio din cosmos a fost făcută de Jansky tocmai pe direcția acestui nucleu) — încât majoritatea astronomilor împărtășește părerea că în centrul galaxiei se află o gaură neagră, cu o masă ce egalează o sută de milioane de stele.

O asemenea gaură neagră va continua să devină tot mai masivă, pe măsură ce înghite materia aflată în apropiere, poate toate stelele din jur, absorbindu-le, ca să spunem așa. Nu există totuși nici un pericol ca întreaga galaxie să fie înghițită în viitorul apropiat. Deoarece o gaură neagră face să dispară tot ce se află în preajma ei, posibilitățile de noi achiziții sunt tot mai reduse.

Se pune problema cum ar putea observa cineva o gaură neagră, ca să determine dacă ea există cu adevărat. Deoarece nu emite fotoni de nici un fel, prezența ei nu poate fi observată nicăieri în spectrul electromagnetic. Totuși, materia atrasă de câmpul gravitațional al găurii negre se rotește tot mai rapid în jurul ei, pierde energie prin coliziuni și urmează o traiectorie spiralată spre centru. Această mișcare în spirală produce raze X, deci oriunde constatăm prezența pe cer a razelor X putem cel puțin să suspectăm existența unei găuri negre. Din păcate, există și alte procese care pot emite raze X, deci prezența lor nu face decât să prezinte posibilitatea existenței găurii negre, nimic mai mult. Astfel, deși știm că centrul galaxiei este activ și emite o mare cantitate de radiații, acest lucru nu ne oferă o dovadă directă a prezenței unei găuri negre.

Să presupunem însă că o gaură neagră face parte dintr-un sistem binar apropiat, având ca pereche o stea normală. Un sistem binar apropiat format dintr-o pitică albă și o stea normală poate da naștere unei nove. Se știe că există de asemenea sisteme binare apropiate formate din două stele neutronice, iar studiul traiectoriei lor a fost folosit pentru a argumenta teoria relativității generalizate, a lui Einstein. De ce n-ar exista atunci și un sistem binar apropiat format dintr-o gaură neagră și o stea normală?

Dacă există așa ceva, atunci materia este atrasă de la steaua normală spre gaura neagră și emite raze X în timp ce se deplasează pe o traiectorie spirală. Deoarece materia este atrasă în mod neregulat, durata și intensitatea emisiei de raze X variază și ele aleator.

În 1965 a fost descoperită o sursă deosebit de intensă de raze X, aflată în constelația Cygnus, care a fost denumită Cygnus X-1. În 1971, o sondă spațială dotată cu detectoare de raze X a evidențiat faptul că emisia acestei surse este neregulată, ceea ce indica posibilitatea existenței unei găuri negre. Cygnus X-1 a fost cercetată imediat cu mare atenție și s-a constatat că se află în imediata apropiere a unei stele alb-albastre fierbinți, a cărei masă a fost estimată a fi de treizeci de ori mai mare decât cea a Soarelui. Această stea și sursa de raze X se rotesc una în jurul celeilalte și, judecând după poziția centrului gravitațional, cea de-a doua pare să aibă o masă de cinci până la opt ori mai mare decât a Soarelui. Deoarece nu poate fi văzută, trebuie să fie o stea condensată de dimensiuni mici și, cum este prea masivă pentru a fi o stea neutronică, trebuie să fie o gaură neagră.

Acesta este rezultatul cel mai apropiat de descoperirea efectivă a unei găuri negre, iar majoritatea astronomilor acceptă Cygnus X-1 ca atare și sunt convinși că găurile negre există și chiar sunt destul de frecvente.

101. CE CONȚIN NORII DE PRAF INTERSTELAR?

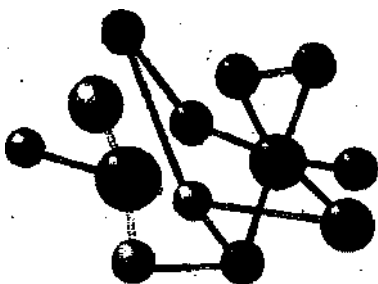
În spațiul interstelar există nori de gaze și praf. Științii erau inițial destul de convinși că praful este compus din granule fine de rocă și metale, materie care ajunge în final să formeze corpuri mai mici, atunci când norii se condensază în sisteme stelare și planetare. Cât despre gaze, acestea constau în cea mai mare parte în hidrogen și heliu.

Chiar dacă praful și gazele sunt destul de dense pentru a obtura stelele aflate în și dincolo de nori și suficient de abundente pentru a forma stele și planete, această materie este răspândită pe spații atât de vaste, încât la început științii considerau că particulele de praf sunt mici, iar gazele

sunt formate din atomi izolați. Erau considerate prea împrăștiate pentru a avea șanse de a produce coliziuni și a se acumula.

Primele informații despre compoziția reală a acestor nori interstelari au fost obținute în 1904 de către astronomul german Johannes Franz Hartmann (1865-1936). El a studiat viteza radială a stelei Delta Orionis și a constatat că diferitele linii spectrale se deplasau, cum era de așteptat, cu aceeași valoare, dar existau unele excepții. Linii corespunzătoare elementului calciu nu erau deplasate. Era improbabil ca steaua să se miște lăsând calciu în urma ei, iar Hartman a ajuns la concluzia că detecta acest element din materia interstelară imobilă care se află între stea și noi.

Fără îndoială componenta majoră a materiei interstelare este hidrogenul, iar începând din 1951 astronomul american William Wilson Morgan (născut în 1906) a detectat linii spectrale care atestau prezența hidrogenului ionizat (adică hidrogen destul de fierbinte pentru a pierde



electroni). Gazul era fierbinte datorită prezenței în apropiere a unor stele mari alb-albastre, care par să fie dispuse în galaxie de-a lungul unor linii curbe. Hidrogenul fierbinte marchează aceste curbe, deci structura galaxiei poate fi privită nu doar ca o simplă formă lenticulară, ci mai degrabă ca o roată cu brațe spirale, care se prelungesc din regiunile centrale. Sistemul nostru solar se află într-un astfel de braț.

Datorită limitelor impuse de spectrul luminii vizibile, din norii interstelari nu se putea vedea mare lucru. Situația s-a schimbat însă, odată cu apariția radio-astronomiei, deoarece atomii reci și compușii care nu emit lumină vizibilă reprezintă surse mai mult sau mai puțin puternice de microunde.

În 1944, de pildă, astronomul olandez Hendrik Cristoffel Van de Hulst (născut în 1918), fiind silit să se ascundă pe

timpul ocupației germane și neputând să-și continue activitatea astronomică în mod normal, a calculat în schimb cum s-ar putea comporta hidrogenul aflat în spațiu. El a înțeles că atomii de hidrogen își pot alinia nucleul și electronul (fiecare atom are un singur electron) în aceeași direcție sau în direcții opuse și, din când în când, pot trece dintr-o configurație în cealaltă, emițând energie în gama microundelor, cu lungime de undă de 21 de centimetri. Fiecare atom de hidrogen face acest lucru aproximativ la fiecare 11 milioane de ani, dar există atât de mulți atomi de hidrogen în spațiu, încât produc permanent emisie de microunde. În 1951, fizicianul american Edward Mills Purcell (născut în 1912) a detectat această emisie de microunde și de atunci poate fi folosită pentru a urmări concentrațiile neobișnuite de hidrogen rece, aflate în spațiul interstelar.

Pe măsură ce metodele de detecție a semnalelor de microunde s-au îmbunătățit, ele au permis recepționarea și identificarea radiațiilor emise de componentele minore ale norilor de gaze. De exemplu, există un tip rar de atomi de hidrogen, în care nucleul este de două ori mai masiv decât normal. Hidrogenul obișnuit este numit hidrogen 1, iar tipul mai masiv se numește deuteriu, (de la cuvântul grecesc ce înseamnă al doilea), sau hidrogen 2. În 1966 au fost detectate microunde caracteristice pentru hidrogen 2 și există indicații că, în întregul univers, 20% din hidrogen este de tip 2.

Combinațiile de atomi pot fi și ele identificate pe baza emisiunilor caracteristice de microunde. De exemplu, după cei de hidrogen, cei mai răspândiți atomi din spațiu care sunt capabili de a intra în combinații sunt cei de oxigen. De aceea nu este surprinzător faptul că uneori un atom de hidrogen și unul de oxigen se combină, formând gruparea numită hidroxil. O astfel de grupare emite și absoarbe microunde cu patru lungimi de undă caracteristice, dintre care două au fost observate în 1963 în norii interstelari.

Astronomii au început să accepte ideea prezenței în materia interstelară a combinațiilor de doi atomi, deși

combinațiile de trei sau mai mulți atomi continuau să fie considerate improbabile. Și totuși, spre sfârșitul anului 1968, au fost detectate „ampretele” de microunde ale moleculelor de apă (doi atomi de hidrogen și unul de oxigen) și ale celor de amoniac (trei atomi de hidrogen și unul de azot, deci patru în total)

Ulterior au fost detectate numeroase alte combinații destul de complexe, care conțineau în mod invariabil unul sau mai mulți atomi de carbon. A fost fondată astfel o nouă știință, *astrochimia*. Astronomii nu cunosc încă mecanismul de formare în vidul interstelar a acestor molecule, dintre care unele au până la treizeci de atomi în compunere, dar mai există și posibilitatea de a găsi compuși chiar mai complecși, atunci când vom putea trimite sonde științifice în norii interstelari (ceea ce nu este încă posibil, pentru că se găsesc la distanțe de mulți ani-lumină)

102. CE ESTE SETI?

Am făcut anterior unele speculații asupra posibilității existenței vieții pe planetele care se rotesc în jurul altor stele. Nu stăpânim în prezent tehnologia care să ne permită să vizităm aceste planete, iar extraterestrii, din câte știm, nu ne-au vizitat încă. Este deci mult mai practic să trimitem un mesaj, decât să lansăm într-o direcție oarecare nave cu echipaj inteligent. Trimiterea de mesaje nu implică cheltuielile enorme cerute de navele spațiale mari și nu pun viața nimănui în pericol. Mai mult decât atât, în timp ce navele spațiale ar putea avea nevoie de secole sau milenii pentru a ajunge chiar și la cele mai apropiate stele, mesajele se pot deplasa cu viteza luminii (care este cea mai mare viteză posibilă, după cum a afirmat Einstein în 1905), având deci nevoie de ani sau decenii.

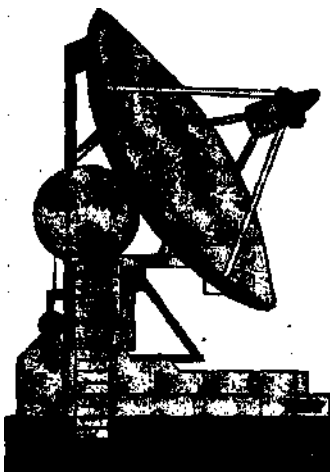
Din păcate, civilizația noastră nu este destul de avansată pentru a putea trimite mesaje prin mijloace suficient de

puternice pentru a ajunge, cu o intensitate rezonabilă, la îndepărtatele stele. Putem totuși presupune că, în cazul în care acolo se găsesc inteligențe extraterestre, ar putea fi mai avansate decât noi, deci ar trebui să încercăm mai degrabă să recepționăm mesajele lor, decât să le trimitem pe ale noastre.

Întrebarea este, sub ce formă ar fi probabil să sosească aceste mesaje? Nu pare posibil să fie vorba de radiații cosmice modulate, deoarece acestea au un randament energetic scăzut și se propagă pe trasee curbe, deci vor fi dispersate și distorsionate fără a putea oferi indicația punctului lor de origine. Neutrinii și gravitonii ar fi greu de detectat. Mai rămân fotonii.

În ceea ce privește fotonii trebuie să eliminăm de la început razele de lumină, care n-ar putea fi distinse cu claritate din vastele cantități de lumină produse de stele, iar fotonii cu energie mai mare decât cei ai luminii vizibile ar cere consumuri energetice prea mari. Toate acestea duc la presupunerea că microundele sunt mijlocul cel mai probabil prin care ar putea fi transmise mesajele

Căutarea inteligenței extraterestre, acțiune denumită cu prescurtarea *SETI*¹ constă de aceea în supravegherea atentă a cerului, urmărind apariția oricăror semnale radio care nu sunt absolut regulate, ca impulsurile provenite de la pulsari, dar nici absolut neregulate, ca emisiile norilor turbulenți. Nici unul dintre aceste tipuri de semnale n-ar putea indica prezența unei inteligențe extraterestre. Căutăm semnale neregulate, dar nu aleatoare.



¹ *SETI*: prescurtare de la Search for Extra-Terrestrial Intelligence (Căutarea Inteligenței Extraterestre) (n.t.)

Încercări de acest gen au existat încă din 1960, dar au fost de scurtă durată și nu au detectat nimic. De fapt, ar fi nevoie de un sistem complex de receptoare, care să cerceze amănunțit întreaga boltă cerească, pe o durată considerabilă. Din păcate, așa ceva necesită mulți bani și eforturi, iar omenirea, deși cheltuiește trilioane de dolari pe an pentru războaie și pregătiri de război, nu găsește fonduri și resurse pentru un program ca SETI. Părerea generală este aceea că succesul este improbabil și ar fi doar bani aruncați în vânt. Există chiar și unele suspiciuni din partea celor care au văzut prea multe filme proaste, potrivit cărora, dacă facem ceva ca să atragem atenția extraterestrilor, am putea să-i încurajăm astfel ca să vină pe Pământ și să ne cucerească (de parcă ar putea vreo invazie extraterestră să ne facă mai mult rău decât ne străduim în prezent cu sânguință să ne facem singuri).

De fapt, SETI s-ar putea dovedi o procedură folositoare, chiar dacă nu descoperim nici un mesaj. În primul rând, încercarea de a corela datele de la dispozitivele de recepție necesare pentru un asemenea program va produce fără îndoială o îmbunătățire a tehnicilor din radio-astronomie, iar acest lucru ar putea fi util sub mai multe aspecte, chiar dacă, în cele din urmă, nu reușim să facem căutarea.

În al doilea rând, dacă cercetăm cu atenție cerul și nu dăm peste nici un mesaj, în mod sigur vom găsi o multitudine de obiecte cosmice de mare interes, pe care nu le-am putea găsi fără tehnicile complexe de căutare și fără supravegherea atentă și detaliată a cerului. De exemplu, pulsarii n-au fost descoperiți pentru că nu-i căuta nimeni. Descoperirea lor a fost un accident, un rezultat neașteptat al unei cercetări științifice ce avea cu totul alt scop.

În al treilea rând, chiar dacă detectăm vreun fel de mesaje și nu reușim să pricepem nimic din ele (este destul de probabil că nu vom reuși să interpretăm produsele unor minți extraterestre), simplul fapt al existenței lor ar putea dovedi că ființele inteligente pot atinge un grad de dezvoltare

tehnologică mult peste cel atins de noi, fără ca să ajungă obligatoriu la autodistrugere

În al patrulea rând, dacă extraterestrii sunt doritori să se facă înțeleși și transmit intenționat mesaje suficient de simple ca să le putem interpreta, s-ar putea deschide astfel pentru noi calea pentru a dobândi noi cunoștințe și a ne ridica nivelul cunoașterii mult peste pragul la care am putea evolua în mod normal, într-un anumit interval de timp

103. GALAXIA ESTE ÎNTREGUL UNIVERS?

După ce Herschel a demonstrat că stelele formează o galaxie de formă lenticulară, s-a presupus că acesta este întregul univers. Și cum dimensiunile sale fuseseră determinate — diametrul de circa 100 000 de ani-lumină și aproximativ 2 miliarde de stele — părea suficient de mare pentru a fi un univers respectabil. Înainte de anul 1910, astronomii nici n-ar fi visat un univers care să se apropie măcar de asemenea dimensiuni.

Și totuși, galaxia nu este tot ce există în univers. Norii lui Magellan, în care Leavitt a studiat cefeidele și și-a pus la punct etalonul care se poate folosi pentru a demonstra mărimea reală a galaxiei, se găsesc în afara galaxiei noastre. După cefeidele existente acolo, se poate calcula că Norul Mare al lui Magellan este la 160 000 de ani-lumină, iar Norul Mic al lui Magellan se află la circa 200 000 de ani-lumină de noi. Desigur, acești nori ar putea fi priviți ca niște sateliți ai galaxiei, cum este Luna pentru Pământ sau planetele față de Soare. Cu alte cuvinte, ar fi un fel de suburbii ale galaxiei.

Mai există ceva în afara galaxiei?

Există o bănuială, deși nu prea puternică, legată de nebuloasa Andromeda (pe care am menționat-o anterior, în legătură cu ipoteza nebulară a lui Laplace). Această

nebuloasă este vizibilă ca un mic obiect de magnitudine patru care pentru ochiul liber este o stea palidă și ușor cețoasă. Astronomul german Simon Marius (1573-1624) a fost, în 1612, primul care a studiat-o prin telescop. Messier a inclus-o pe lista lui de obiecte cețoase, care nu sunt comete. Pe această listă, era a treizeci și una, așa că uneori nebuloasa Andromeda este numită M31.

Laplace și-a elaborat ipoteza nebulară inspirat de nebuloasa Andromeda, despre care credea că este un vârtej de gaze, care ar putea da naștere unui sistem planetar și unei stele. Immanuel Kant, care în 1775 îl precedase pe Laplace cu o astfel de ipoteză, avea o părere diferită. El considera că obiectele ca nebuloasa Andromeda sunt sisteme de stele de care ne despart distanțe enorme, pe care le numea *universuri insulare*. S-a dovedit că avea perfectă dreptate, dar la vremea lui această idee a fost ignorată.

Nebuloasa Andromeda are un oarecare aspect spiral. Între 1845 și 1850, Lord Rosse (cel care a dat numele nebuloasei Crab), a studiat o duzină de nebuloase, care aveau același aspect spiral. De fapt, unele arătau ca niște roți cu spițe sau ca niște vârtejuri. Un obiect de pe lista lui Messier, M51, seamănă atât de mult cu un vârtej, încât a fost numit nebuloasa Vârtej.

Acest gen de nebuloase sunt numite *nebuloase spirale*, iar Andromeda se numără printre ele, dar poziția ei este atât de înclinată, încât are spre noi



o muchie, ceea ce face ca aspectul ei spiral să se observe foarte greu. Până în anul 1900 fuseseră reperate cam 13 000 de nebuloase spirale, despre care se credea însă că sunt obiecte din galaxia noastră, sisteme planetare în curs de formare. (Mai târziu s-a constatat că și galaxia noastră are o formă spirală, dar în 1900 nu se știa încă acest lucru.)

Totuși, la vremea respectivă se efectuaseră deja studii privind spectrul lumii emise de obiectele cosmice. În 1864,

William Huggins obținuse spectrul nebuloasei Orion și demonstrase că acesta este constituit din linii strălucitoare pe fond negru, exact cum ar fi fost de așteptat pentru o masă de gaze fierbinți

Pe de altă parte, spectrul nebuloasei Andromeda, obținut pentru prima dată în 1899, prezenta genul de structură caracteristic pentru o stea. Oare nebuloasa Andromeda putea fi o masă de stele, aflată mult mai departe decât Calea Lactee sau Norii lui Magellan, astfel încât stelele din compunerea ei nu puteau fi distinse? În acest caz, trebuia să se găsească mult dincolo de limitele galaxiei noastre, iar acest lucru putea fi valabil și pentru celelalte nebuloase spirale, deci universul ar putea fi mult mai mare decât galaxia noastră.

Cum putea fi clarificată problema? Dacă stelele obișnuite aflate în nebuloasa Andromeda se găsesc prea departe pentru a putea fi distinse, ce se întâmplă cu cele deosebit de luminoase? Ce se întâmplă cu novele?

De fapt, în 1885 chiar a apărut o novă în nebuloasa Andromeda și a fost numită S Andromedae. A devenit atât de luminoasă, încât aproape că putea fi observată cu ochiul liber. Totuși, nu se putea determina dacă se află într-adevăr în interiorul nebuloasei sau este doar pe direcția ei.

Trebuiau deci căutate și alte nove, iar astronomul american Herber Doust Curtis (1872-1942) a făcut exact acest lucru. În urma unei observații atente, el a remarcat scânteierile minuscule provenind de la numeroase nove din nebuloasa Andromeda. Erau atât de multe, încât nu se putea să fi apărut întâmplător tocmai în direcția nebuloasei. Nici o altă zonă de pe cer nu produce atât de multe nove într-un timp atât de scurt. De aceea, novele care păreau să se afle în nebuloasa Andromeda chiar *erau* acolo.

Pe de altă parte, majoritatea novelor erau atât de mici, încât abia puteau fi zărite. Strălucirea lor era mult mai mică decât a celor care se află în mod indiscutabil în galaxia noastră. Acest lucru dă la concluzia că nebuloasa trebuie

să se afle foarte departe — chiar departe de galaxia noastră (Atunci de ce era S Andromedae atât de strălucitoare? Pentru că, au hotărât astronomii, nu era o novă obișnuită, ci o supernovă)

Ipotezele lui Curtis, făcute publice în 1918, au șocat lumea astronomică și au întâmpinat o opoziție puternică. În 1920, Curtis și Shapley (care tocmai determinase dimensiunile galaxiei noastre) au dezbătut această problemă de pe poziții antagoniste. Dezbaterea s-a încheiat oarecum la egalitate, dar, pe măsură ce timpul trecea, devenea tot mai evident că dreptatea era de partea lui Curtis.

Problema a fost în final clarificată de Hubble, care s-a folosit de un nou telescop de peste doi metri, aflat în California, la Mt. Wilson Observatory. Cu ajutorul acestui instrument, el a reușit să distingă stelele aflate la periferia nebuloasei, ceea ce a demonstrat că era vorba de o grupare de stele și nu de un nor de praf și gaze. În 1923, a reușit să identifice o cefeidă și a folosit-o pentru a determina distanța. Valoarea obținută inițial era prea mică, dar suficientă pentru a demonstra că nebuloasa Andromeda este mult dincolo de limitele galaxiei noastre.

În prezent, știm că nebuloasa Andromeda se află la 2,2 milioane de ani lumină de noi, distanță de 22 de ori mai mare decât diametrul total al galaxiei noastre. Cu asta Andromeda a devenit *galaxia Andromeda*, iar nebuloasele spirale sunt acum numite *galaxii spirale*.

Se pare deci că universul este constituit din milioane de galaxii, poate miliarde, și este enorm în comparație cu galaxia noastră.

104. GALAXIILE SE MIȘCĂ?

Deoarece s-a stabilit încă de acum patru secole că Pământul se rotește în jurul Soarelui și de un secol și jumătate că Soarelui se mișcă în jurul centrului galaxiei, n-ar trebui să surprindă faptul că însăși galaxia se mișcă și ea.

Studiul atent al galaxiilor mai apropiate arată că galaxia noastră, Calea Lactee, face parte dintr-o grupare de galaxii, numită *grupul local*. Cele două componente principale ale grupului sunt Calea Lactee și Andromeda, cea de-a doua fiind chiar mai mare decât prima și conținând peste 300 de miliarde de stele. La marginea grupului



local se găsește o altă galaxie mare, numită Maffei 1 (după numele astronomului care a studiat-o pentru prima oară), care s-ar putea să nu facă parte din această grupare. Pe lângă acestea, mai există circa douăzeci de galaxii mai mici, care conțin fiecare aproximativ 100 de miliarde de stele.

Galaxiile din grupul local, inclusiv a noastră, se mișcă majestuos în jurul centrului gravitațional comun întregului sistem și pot fi incluse toate într-o sferă cu diametrul de circa 3,5 milioane de ani-lumină. Deși este atât de vastă, această sferă nu reprezintă decât imediată noastră vecinătate. Dincolo de ea există alte grupuri de galaxii, unele mult mai mari decât grupul local, care conțin mii de galaxii.

Putem presupune că în fiecare astfel de grup galaxiile se rotesc în jurul centrului gravitațional comun, dar cum se mișcă grupurile?

Primul indiciu pentru a găsi răspunsul la această întrebare a apărut după ce astronomii au înțeles că în univers există și alte galaxii. În 1912, astronomul american Vesto Melvin Slipher (1875-1969) a măsurat viteza radială a nebuloasei Andromeda (cum era numită atunci) și a constatat că se apropie de noi cu 200 de kilometri pe secundă. O parte din această viteză se datorează mișcării Soarelui care se rotește în jurul centrului galaxiei. Dacă viteza de apropiere a galaxiei Andromeda este raportată la centrul galaxiei noastre, valoarea este de numai 50 de kilometri pe secundă.

Până aici lucrurile par destul de banale, dar Slipher a măsurat viteza radială a încă cincizeci de nebuloase și a constatat că, exceptând Andromeda și o altă galaxie (care

s-a dovedit a face parte din grupul local), toate se îndepărtează de noi. Mai mult decât atât, vitezele de îndepărtare păreau în unele cazuri deosebit de ridicate.

Studiul a fost continuat de alți astronomi, care au descoperit că toate galaxiile (cu cele două excepții găsite de la început de Slipher) se îndepărtează de noi. Mai mult decât atât, cu cât galaxiile se văd mai puțin strălucitoare (deci putem presupune că se află mai departe), cu atât se îndepărtează mai rapid.

Astronomul american Milton La Salle Humason (1891-1972) a efectuat fotografii a căror expunere s-a prelungit pe mai multe nopți, pentru a evidenția spectrele unor galaxii foarte puțin vizibile. În 1928, el a descoperit o galaxie care se depărtează de noi cu o viteză de 3 800 de kilometri pe secundă, iar până în 1936 a mai găsit una cu viteza radială de 40 000 de kilometri pe secundă.

A apărut astfel o problemă: De ce se depărtează toate galaxiile de noi și de ce vitezele sunt tot mai mari, pe măsură ce distanțele cresc? Galaxia noastră are ceva deosebit? Respinge ea alte galaxii, cu o forță ce crește cu distanța?

N-avea sens. Dacă galaxia noastră ar exercita o forță de respingere, aceasta ar trebui să se manifeste și în interiorul grupului local, dar nu se întâmplă așa. Mai mult decât atât, existența unei forțe de respingere care crește cu distanța nu pare prea probabilă. Un pol magnetic poate respinge alt pol similar, iar o sarcină electrică respinge sarcinile de același semn, dar în ambele cazuri forța de respingere scade la creșterea distanței. Trebuia să existe o altă explicație.

Hubble, cel care a fost primul care a văzut stelele din galaxia Andromeda, s-a ocupat și de această problemă. El a remarcat că galaxiile nu se îndepărtează numai de noi, ci și unele de celelalte. În orice galaxie ne-am afla, am avea impresia că celelalte se îndepărtează cu viteze ce cresc proporțional cu distanțele. În 1929 Hubble a ajuns la concluzia că întregul univers se află într-o continuă *expansiune*, iar galaxiile se îndepărtează unele de altele în cadrul acestui proces general și nu datorită vreunei forțe de respingere.

De fapt, Albert Einstein pregătise în anul 1916, ca parte a teoriei relativității generalizate, un set de ecuații menite să descrie comportarea universului în ansamblul său. Conform acestor ecuații, universul trebuie să fie în curs de expansiune, deși nici Einstein n-a sesizat acest lucru la vremea sa.

105. EXISTĂ UN CENTRU AL UNIVERSULUI?

Soarele este centrul sistemului solar și toate planetele se rotesc în jurul lui. Există un nucleu central al galaxiei, iar stelele din extenorul lui se rotesc în jurul acestuia. Există oare și un centru al universului, un punct de care se îndepărtează toate galaxiile?

S-ar părea că trebuie să existe, dar nu-i așa, deoarece expansiunea universului nu se produce în modul tridimensional obișnuit. Are patru dimensiuni, care includ, pe lângă cele trei dimensiuni ale spațiului obișnuit (lungime, lățime și înălțime), timpul ca cea de a patra dimensiune. Este greu de imaginat o expansiune în patru dimensiuni, dar poate fi explicată prin analogie cu un balon care se umflă.

Să ne închipuim universul ca pe un balon care se umflă, galaxiile fiind puncte de pe suprafața lui, iar noi trăim într-un astfel de punct. Presupunem că nici noi, nici galaxiile, nu putem părăsi suprafața balonului. Putem aluneca pe ea, dar niciodată spre interior sau spre exterior. Într-un fel, am fi ființe bidimensionale.

Dacă universul își continuă expansiunea, iar suprafața balonului se tot întinde, punctele de pe suprafață se îndepărtează unele de altele. Privind dintr-un punct, observăm toate celelalte puncte depărtându-se, iar viteza radială este cu atât mai ridicată, cu cât distanța relativă este mai mare.

Să ne închipuim acum că încercăm să găsim punctul de care se îndepărtează toate celelalte. Nu-l vom putea găsi.

pe suprafața bîdimensională a balonului. Expansiunea se face în raport cu centrul balonului, care se află în interior, în cea de-a treia dimensiune, pe care nu o putem explora, fiind limitați la suprafață.

În mod similar, punctul din univers de unde a început expansiunea nu se află în spațiul tridimensional al universului în care ne găsim, ci undeva în trecut, în urmă cu miliarde de ani, iar noi nu putem călători acolo, deși, așa cum vom vedea în continuare, putem dobândi informații despre acel punct.

106. CE VÂRSTĂ ARE UNIVERSUL?

Dacă universul este în expansiune, atunci ieri era mai mic decât astăzi, iar anul trecut era și mai mic. Dacă ne imaginăm că ne întoarcem rapid în timp, putem vedea universul devenind tot mai mic, iar întreaga sa materie revine la volumul mic inițial.

Primul care a analizat serios această idee a fost astronomul belgian Georges Edouard Lemaître (1894-1966). În 1927, el a propus ipoteza „oului cosmic” care a explodat violent. Universul aflat astăzi în expansiune ar fi deci rezultatul unei explozii. Astronomul american George Gamow (1904-1968) a numit această explozie „marele bang”, nume care a fost adoptat de toată lumea.



Dar când s-a produs marele bang? Cunoscând distanțele medii dintre galaxii și viteza cu care se îndepărtează una de cealaltă, se poate calcula cu ușurință în sens invers, pentru a afla de unde au început.

Există totuși câteva impedimente. În primul rând, este destul de greu de aflat distanța dintre două galaxii. În al doilea rând, nu e ușor de aflat viteza cu care se îndepărtează una de

cealaltă În al treilea rând, este prea puțin probabil ca ritmul expansiunii să fi fost mereu același

Atunci când Hubble a ajuns pentru întâia dată la concluzia că universul se extinde, el a folosit cele mai precise valori pe care le-a putut găsi pentru distanța medie și ritm de separare, iar rezultatul lui a fost că marele bang s-a produs acum 2 miliarde de ani. Această estimare a fost primită cu un val de proteste, din partea geologilor și biologilor, care erau convinși că Pământul este mai bătrân de 2 miliarde de ani și care insistau că universul nu poate fi mai tânăr decât Pământul.

În perioada scurtă de la estimarea făcută de Hubble, s-au acumulat informații care plasează marele bang mai departe în trecut. Valoarea acceptată în prezent este de 15 miliarde de ani, deci aceasta ar fi vârsta universului. Cifra nu este însă unanim acceptată. Există astronomi care susțin că valoarea corectă ar fi de 10 miliarde de ani, iar alții optează pentru 20 de miliarde. Este de presupus că această problemă se va clarifica, atunci când vor fi acumulate informații mai multe și mai precise.

Dacă valoarea de 15 miliarde de ani este corectă, în momentul când s-a format sistemul nostru solar, universul exista deja de 10 miliarde de ani

107. CE SUNT QASARI?

Am spus mai înainte că nu putem călători în trecut, ca să verificăm când a avut loc marele bang și care erau atunci condițiile — dar putem *vedea* în trecut

De câte ori privim spre un obiect îndepărtat, știm că lumina pe care o vedem (sau undele radio) a călătorit un anumit timp pentru a ajunge la noi. Radiațiile nu pot călători în nici un fel de circumstanțe mai repede decât lumina (circa 299 800 de kilometri pe secundă), deci vedem obiectul așa cum era atunci când radiația a fost emisă, nu cum este în prezent. Astfel, dacă privim spre galaxia Andromeda, trebuie

să ținem cont că lumina pe care o vedem a părăsit galaxia acum 2,2 milioane de ani, deci o vedem așa cum era atunci.

Desigur, galaxia Andromeda arată probabil în prezent aproape la fel ca acum 2,2 milioane de ani, așa că, în acest caz, întârzierea nu înseamnă mare lucru. Dar dacă privim spre un obiect aflat mult mai departe? Care este cel mai îndepărtat obiect pe care îl putem vedea?

Am văzut obiecte îndepărtate, cu multă vreme înainte de a avea idee că se află la distanțe atât de mari. Pe măsură ce radio-telescoapele s-au îmbunătățit, iar imaginea de microunde a devenit tot mai precisă, a devenit posibil să localizăm unele surse radio, îngustând foarte mult zona din care recepționăm. Este vorba de *sursele radio compacte*, iar printre ele se numără obiectele cunoscute sub numele 3C48, 3C147, 3C196 și 3C288. Prefixul 3C este o prescurtare de la *Third Cambridge Catalog of Radio Stars*¹, întocmit de astronomul britanic Martin Ryle (1918-1984).

În 1960, astronomul american Allan Rex Sandage (născut în 1926) a cercetat aceste surse de radiații și a constatat că toate par să fie stele de mică strălucire, cu mărimea șaisprezece, care erau considerate ca făcând parte din galaxia noastră. Era ceva foarte neobișnuit, deoarece stelele izolate în general nu emit microunde. Recepționăm asemenea radiații de la Soare, pentru că este foarte aproape de noi, dar nu și de la celelalte stele, chiar dacă se află la distanțe de numai câțiva ani-lumină. Atunci, de ce am putea să recepționăm microunde de la stele mai depărtate? Astronomii s-au gândit că acestea nu sunt stele obișnuite și le-au numit surse radio *quasi-stelare* (adică *asemănătoare cu stelele*). În 1964, fizicianul american de origine chineză Hong-Yee Chiu a propus abrevierea *quasar*, care a fost unanim acceptată.

Dar ce sunt quasarii? În 1963, astronomul american de origine olandeză Maarten Schmidt (născut în 1929) studia

¹ *Third Cambridge Catalog of Radio Stars*. Cel de-al treilea catalog al stelelor radio, editat la Cambridge. (n.t.)

plin de uimire spectrul obiectului 3C273. Dispunerea liniilor părea la început foarte stranie, dar apoi și-a dat seama că o mai întâlnise în domeniul ultraviolet, dar suferise o dramatică derivă spre roșu și de aceea nu o recunoscuse.

Pornind de la valoarea deviației spre roșu, a calculat că 3C273 nu este o stea obișnuită din galaxia noastră, ci un obiect aflat la o distanță de circa un miliard de ani-lumină, mult mai departe decât orice galaxie care fusese observată până atunci. Ceilalți quasari sunt chiar și mai departe — 3C273 este quasarul cel mai apropiat de noi. În prezent se cunosc câteva sute, iar unii dintre ei se află la distanțe de 10 sau 12 miliarde de ani-lumină.

Se pune acum problema, cum pot aceste obiecte să fie vizibile de la asemenea distanțe? Trebuie să presupunem că sunt mult mai luminoase decât galaxiile, că strălucesc cât trilioane de sori și depășesc de aproape 100 de ori în luminozitate o galaxie obișnuită.

Totodată, s-a constatat că radiația pe care o emit este variabilă, iar uneori se modifică în numai câteva săptămâni. Acest fapt conduce la concluzia că diametrul unui quasar este de numai câteva săptămâni-lumină (cam un trilion de kilometri), altfel, oncare ar fi fenomenul care produce variația de intensitate a radiației n-ar putea să-l parcurgă de la un capăt la celălalt într-un timp atât de scurt, pentru că *nimic* nu poate fi transmis mai repede decât lumina. Dar cum poate un obiect atât de mic să elibereze atât de multă energie?

Răspunsul cel mai probabil datează din 1943, când astronomul american Carl Seyfert



a observat o galaxie care are nucleul foarte mic și strălucitor. Au mai fost descoperite și alte galaxii de acest tip, iar ele sunt numite *galaxii Seyfert*.

Nucleele galaxiilor Seyfert sunt foarte active, poate pentru că conțin găuri negre neobișnuit de mari, care le devastează centrele. Poate quasarii sunt galaxii Seyfert deosebit de mari și de strălucitoare, iar ceea ce vedem de

la distanțe enorme sunt numai nucleele luminoase și deosebit de active. Într-adevăr, studii recente au evidențiat în jurul quasariilor formațiuni ceptoase, care ar putea reprezenta zonele periferice ale unor galaxii.

Deoarece quasarii se găsesc la distanțe enorme, de miliarde de ani-lumină, probabil că s-au format acum multe miliarde de ani, la începuturile universului. Este posibil ea, în „tinerețe”, unele galaxii să fi suferit dramatice fenomene de colaps, care le-au transformat în găuri negre. Cu timpul, acestea au absorbit tot ce le înconjură, iar galaxiile s-au stabilizat, transformându-se în obiecte cu activitate redusă, quasarii „răcindu-se” și dispărând cu miliarde de ani în urmă.

Chiar și acest fenomen luat separat arată că universul era complet diferit la începuturile sale, față de cum este în prezent, deci există un proces evolutiv. Acest lucru contrazice teoriile potrivit cărora universul n-ar avea, de fapt, un început și care îl descriu ca menținându-și neschimbată structura generală, într-un trecut indefinit.

108. PUTEM VEDEA MARELE BANG?

Oricât de adânc pătrundem în spațiu, nu putem vedea chiar marele bang. În ultimii ani s-a anunțat descoperirea unor galaxii aflate la distanțe de 17 miliarde de ani-lumină (ceea ce pare să indice faptul că vârsta universului este de cel puțin 17 miliarde de ani), iar acestea sunt atât de numeroase, încât par să stea una peste alta — lucru deloc surprinzător, pentru că universul era, desigur, mult mai mic acum 17 miliarde de ani decât este în prezent, iar galaxiile se aflau mult mai aproape una de cealaltă.

Și totuși, nu putem vedea chiar marele bang, cel puțin cu ajutorul luminii. În primele zile ale universului, spațiul nu era transparent ca în prezent, ci plin cu o „ceață” energetică. Oriunde am privi, vom sfârși deci prin a ajunge la o limită pe care n-o vom putea pătrunde.

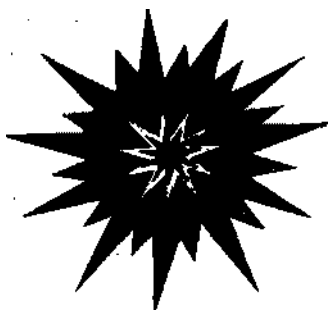
Totuși, acest lucru este valabil doar pentru lumină. În 1949, Gamow, cel care a inventat termenul *marele bang*, arăta că ar trebui totuși să putem observa un ecou slab al exploziei inițiale. Ca rezultat al acestei explozii cosmice, trebuie să se fi format microunde care să ajungă la noi de la marele bang, trecând prin ceața energetică. El a calculat chiar și nivelul exact de energie conținut de acele microunde.

Mai mult, pe măsură ce telescoapele privesc tot mai departe, deci tot mai înapoi în timp, tind să urmărească o spirală care se îndreaptă spre punctul central, deoarece întorcându-ne în timp, universul se contractă spre marele bang. În orice direcție am privi, această spirală ne duce către marele bang. De aceea, Gamow a prezis că microundele trebuie să vină din toate direcțiile cu aceeași energie și aceleași caracteristici.

În 1964, fizicianul american de origine germană, Arno Allan Penzias (născut în 1933), împreună cu fizicianul american Robert Woodrow Wilson (născut în 1936) au detectat acest fond uniform de microunde, exact la nivelul energetic prezis de Gamow. Aceasta este considerată până în prezent cea mai puternică dovadă a faptului că marele bang s-a produs cu adevărat.

Astronomii încearcă în prezent să reconstituie fenomenele care au avut loc în primele momente ale marelui bang. Ei consideră că, mergând înapoi în timp, ne putem închipui obiectele din univers zdrobindu-se, ca să spunem așa, unul de altul, ca într-un film proiectat invers. Rezultatul trebuie să fie ceva

asemănător cu comprimarea materiei care a dat naștere Soarelui și planetelor. Temperatura a crescut și s-a format nucleul fierbinte al Pământului și miezul și mai fierbinte al Soarelui. Dacă privim înapoi în timp, *toată* materia universului adunată la un loc trebuie să fi format un centru mult mai



fierbinte al universului. Cu alte cuvinte, la început universul era foarte mic și incredibil de cald, iar de atunci se extinde și se răcește.

Admițând valorile incredibile ale temperaturii inițiale, savanții au elaborat diferite speculații privind fenomenele petrecute în primele fracțiuni de secundă după marele bang. Încearcă să afle ce s-a întâmplat în prima milionime de trilionime de trilionime de secundă. Toate acestea sunt acum doar speculații, la care am putea renunța până când se vor aduna suficiente dovezi pentru a le da mai multă substanță.

109. CUM S-A PRODUS MARELE BANG?

Până nu de mult, majoritatea occidentului credea că Pământul și cerul au apărut acum șase mii de ani, prin creație divină. (Mulți oameni mai cred și astăzi acest lucru, cu toată sinceritatea, dar nivelul intelectual al acestora este cam același cu al celor care încă mai cred că Pământul este plat.) Savanții consideră în prezent că sistemul solar s-a format acum 4,6 miliarde de ani, printr-un proces natural, dintr-un nor de gaze și praf care exista încă de la începuturile universului, acum aproape 15 miliarde de ani.

Revenind însă la marele bang și imaginându-ne că toată materia și energia universului era concentrată într-o mică sferă de materie incredibil de densă și fantastic de fierbinte, care a explodat și a format universul, de unde provenea acea sferă? Cum a apărut? Trebuie oare să presupunem că în această etapă a acționat creația divină?

Nu neapărat. În anii '20 a apărut o ramură științifică numită *mecanica cuantică*, asupra căreia nu ne vom opri prea mult, deoarece este mult prea complicată. Ea constituie o bază teoretică foarte valoroasă, care explică fenomene ce n-au putut fi lămurite pe nici o altă cale și prevede fenomene

a căror evoluție s-a dovedit a se desfășura exact în conformitate cu teoria

În anul 1980, fizicianul american Alan Guth a abordat problema originii marelui bang, prin prisma mecanicii cuantice. Ne-am putea imagina universul înainte de explozie ca pe o enormă, o nesfârșită genune pustie. Pare să nu fie o descriere precisă, pentru că într-un loc pustiu poate exista energie, adică nu este vid absolut. Dar pre-universul conținea energie, și cum celelalte proprietăți ale sale se aseamănă cu cele ale vidului, a fost numit *vacuum fals*.

Din acest vacuum fals a apărut un punct material, acolo unde energia s-a concentrat, ca rezultat al forțelor oarbe ale schimbărilor aleatoare. De fapt, ne-am putea imagina acel nesfârșit vacuum fals ca pe o masă energetică în ebuliție, care produce ici și colo mici puncte de existență materială, așa cum un ocean produce spumă. Unele dintre aceste puncte dispar imediat, scufundându-se înapoi în falsul vacuum. Altele, ca niște bășicuțe de spumă suficient de mari sau formate în condiții prielnice, se extind rapid formând universuri. Noi trăim într-o astfel de bășicuță care a reușit să se expandeze.

Acest model ridică totuși multe probleme, iar savanții încă se străduiesc să le clarifice. Când și dacă vor reuși, vom avea o idee mai clară despre originea universului.

Desigur, chiar dacă o versiune a teoriei lui Guth este corectă, putem pur și simplu să ne întoarcem cu încă un pas mai înapoi și să ne punem întrebarea de unde provine energia din falsul vacuum. La asta nu putem răspunde, dar nu ne ajută cu nimic dacă presupunem că în acest punct a intervenit creația supranaturală, pentru că putem să mai facem încă un pas înapoi și să întrebăm de unde a apărut entitatea supranaturală. Răspunsul uzual la o asemenea întrebare, care de obicei deranjează, este „N-a apărut de nicăieri. A existat dintotdeauna.” Acesta este un lucru greu de imaginat și am putea spune tot la fel de bine că energia din falsul vacuum a existat dintotdeauna.

110. EXPANSIUNEA UNIVERSULUI VA CONTINUA LA NESFÂRȘIT?

Oare există ceva care tinde să încetinească și să oprească expansiunea universului?

Singura forță despre care știm că ar putea avea acest efect este atracția mutuală a tuturor părților componente ale universului — forța gravitațională. Universul se extinde învingându-și propria atracție gravitațională, deci procesul de expansiune trebuie să consume energie pentru a învinge atracția. Rezultă că expansiunea se va încetini, iar în final se va opri. În acest caz, după o scurtă pauză, universul va reîncepe să se comprime, până când va ajunge la un colaps total, care constituie, desigur, opusul marelui bang. Dacă universul se extinde la nesfârșit, în numim *univers deschis*. Dacă însă la un moment dat încetează să se mai extindă și începe să se contracte, atunci este un *univers închis*.

Problema se pune la fel ca în cazul în care aruncăm un obiect în sus de pe suprafața Pământului, învingând forța gravitației. Bunul simț ne spune că un asemenea obiect, aruncat în circumstanțe obișnuite, este până la urmă învins de atracția gravitațională a Pământului. Viteza sa ascendentă scade până la zero și obiectul începe să cadă înapoi spre Pământ. Cu cât este aruncat mai puternic, deci cu o viteză inițială mai mare, cu atât urcă la înălțime mai mare, iar timpul până la revenire este mai lung.

Atracția gravitațională terestră slăbește însă cu distanța. Dacă un obiect este lansat în sus cu o viteză suficient de mare, se înalță atât de mult încât forța de atracție tot mai redusă nu mai reușește să-i încetinească mișcarea. Obiectul continuă să se îndepărteze și nu se mai întoarce niciodată. Viteza inițială a unui astfel de obiect trebuie să fie mai mare de 11 kilometri pe secundă pentru ca să se întâmple acest lucru. Această viteză, numită viteza de desprindere, este cea

pe care trebuie să o atingă rachetele trimise către Lună și dincolo de ea. De aceea trebuie să ne punem întrebarea dacă viteza de expansiune a universului a atins valoarea de desprindere. Pentru a putea decide acest lucru, savanții au trebuit să estimeze mai întâi ritmul de extindere și densitatea medie a materiei din univers, pentru a putea evalua nivelul forței de atracție gravitațională. Ambele mărimi sunt greu de măsurat, iar rezultatele sunt doar aproximative.

S-a ajuns totuși la o concluzie, și anume că densitatea materiei din univers reprezintă cam 1% din valoarea necesară pentru a opri expansiunea. De aceea, universul pare să fie deschis, deci se extinde la nesfârșit. Acest lucru este însă valabil dacă luăm în calcul doar materia pe care o putem vedea. Dacă există și materie pe care nu o putem observa prin nici unul din mijloacele de care dispunem, atunci universul ar putea să fie de fapt închis.

111. EXISTĂ ÎN UNIVERS MATERIE PE CARE NU O PUTEM VEDEA?

Astronomii cred că trebuie să existe. Am spus de mai multe ori că influența gravitațională ne dă informații pe care lumina nu ni le oferă. Astfel, Sirius B a fost descoperită înainte de a putea fi văzută, datorită influenței pe care o exercită asupra lui Sirius A. Planeta Neptun a fost descoperită și ea înainte de a fi zărită, pe baza influenței pe care o exercită asupra orbitei lui Uranus, și așa mai departe.

Întreaga masă a corpurilor cerești care compun galaxiile pare să fie concentrată la centru, iar stelele din zonele exterioare se rotesc în jurul nucleului galactic, la fel ca planetele în jurul unei stele. De aceea ne putem aștepta ca stelele să se rotească în jurul centrului galactic cu atât mai încet cu cât se află mai departe de nucleu. Această regulă este valabilă și pentru sistemul solar, ale cărui planete se mișcă cu atât mai lent, cu cât sunt mai depărtate de Soare.

Putem determina viteza de rotație a unei galaxii, măsurând viteza radială la diferite distanțe de nucleu. Se poate astfel observa, la galaxiile la care se pot face asemenea măsurători, că viteza de rotație a stelelor în jurul centrului este aceeași, indiferent de distanța la care se află



Această observație sfidează legea gravitației, iar savanții nu vor să abandoneze această lege. Pentru a rezolva problema, trebuie să accepte presupunerea că masa galaxiei nu este concentrată în centru, ci se află răspândită, mai mult sau mai puțin uniform, în întreaga galaxie. Și totuși, cum poate fi așa, din moment ce putem vedea că masa, sub formă de stele, este concentrată spre centru?

Un alt mister este acela că galaxiile dintr-un grup tind să rămână împreună, menținute de atracția gravitațională mutuală. Cu toate astea, calculând forța de atracție a fiecărei galaxii în funcție de stelele care o compun și comparând-o cu vitezele relative ale galaxiilor dintr-un grup, ajungem la concluzia că atracția gravitațională nu este suficient de mare pentru a menține grupul. Și totuși, galaxiile rămân grupate, ceea ce nu poate însemna decât că există materie pe care nu o putem vedea, iar efectul ei gravitațional menține grupurile în actuala structură.

Ce ar putea fi această materie suplimentară? Astronomii nu cunosc încă răspunsul, iar această problemă este numită „misterul materiei lipsă”. Există multe speculații pe această temă, dar va trebui să așteptăm apariția de noi dovezi înainte de a fi suficient de siguri ce este această materie sau dacă ea există cu adevărat. Tot ce putem spune este că, în cazul în care această materie există, s-ar putea să fie suficientă pentru a închide universul și să constituie cauza pentru care la un moment dat, poate peste trilioane de ani, totul va începe să se contracte la loc. Aceasta este doar una dintre enigmaticele cu care continuăm să ne confruntăm în lumea care ne înconjoară, în ciuda succeselor și realizărilor noastre.